



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR *LAUNDRY*
MENGUNAKAN FILTER MEMBRAN DARI SINTESIS
ZEOLIT DAN KITOSAN UNTUK MENURUNKAN
TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) DAN SURFAKTAN**

MOH. KHOIRUR ROHMAN

3312100701

Dosen Pembimbing :

Alia Damayanti, ST, MT, PhD

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR *LAUNDRY* MENGGUNAKAN
FILTER MEMBRAN DARI SINTESIS ZEOLIT DAN KITOSAN
UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)*
DAN SURFAKTAN**

MOH. KHOIRUR ROHMAN

3312100701

Dosen Pembimbing :

Alia Damayanti, ST, MT, PhD

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RE 141581

**LAUNDRY WASTEWATER TREATMENT USING MEMBRANE
FILTER SYNTHESIZED FROM ZEOLITE AND CHITOSAN FOR
REMOVING TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) AND
SURFACTANT**

MOH. KHOIRUR ROHMAN

3312100701

SUPERVISOR :

Alia Damayanti, ST, MT, PhD

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR *LAUNDRY* MENGGUNAKAN FILTER MEMBRAN DARI SINTESIS ZEOLIT DAN KITOSAN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* DAN SURFAKTAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOH. KHOIRUR ROHMAN
NRP. 3312100701

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Alia Damayanti, ST, MT, PhD
NIP. 197702092003122001



PENGOLAHAN LIMBAH CAIR *LAUNDRY* MENGGUNAKAN FILTER MEMBRAN DARI SINTESIS ZEOLIT DAN KITOSAN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) DAN SURFAKTAN

Mahasiswa : Moh. Khoirur Rohman
NRP : 3312100701
Dosen Pembimbing : Alia Damayanti, ST, MT, PhD

ABSTRAK

Meningkatnya usaha *laundry* di Kota Surabaya menyebabkan peningkatan limbah cair yang dihasilkan. Hampir semua limbah cair dari usaha *laundry* tersebut dibuang melalui selokan atau tangki septik tanpa proses pengolahan terlebih dahulu sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran tanah dan badan air di sekitarnya. Limbah cair usaha *laundry* memiliki nilai TSS 560 mg/L dan surfaktan 186,4 mg/L yang melebihi baku mutu mengikuti Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 yakni 100 mg/L untuk TSS dan 10 mg/L untuk surfaktan. Salah satu cara mereduksi kadar pencemar dalam limbah cair adalah dengan menggunakan filtrasi membran. Zeolit dan kitosan merupakan bahan yang sering digunakan sebagai bahan membran karena memiliki kemampuan yang baik dalam membentuk film, pengolahan mudah dan ketersediaan yang melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan membran dari sintesis zeolit dan kitosan terhadap nilai fluks, rejeksi kadar TSS dan surfaktan pada limbah cair usaha *laundry*.

Proses filtrasi menggunakan aliran *cross-flow* karena memerlukan biaya operasi yang lebih rendah. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu perbandingan komposisi massa zeolit dan kitosan 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2) dengan total massa yang digunakan yaitu 15 g, serta variasi tekanan 1,5 bar dan 2 bar. Sedangkan limbah yang

digunakan yaitu limbah cair *laundry* dengan konsentrasi 100% tanpa penambahan air suling atau pengenceran.

Dari penelitian diperoleh data perbandingan komposisi zeolit dan kitosan optimum, nilai fluks dan nilai rejeksi membran. Perbandingan komposisi membran yang terbaik yaitu perbandingan zeolit dan kitosan 2:1 (Z2C1). Nilai fluks tertinggi didapatkan dari membran Z1C1 tekanan 2 bar pada menit ke-10 yaitu 39,99 L/m².jam. Sedangkan efisiensi *removal* TSS dan surfaktan tertinggi masing-masing pada membran Z2C1 tekanan 2 bar pada menit ke-20 dan membran Z1C2 tekanan 1,5 bar pada menit ke-60 yaitu 90,71% dan 97,67%.

Kata Kunci : *cross flow*, filter membran, limbah cair *laundry*, zeolit dan kitosan

LAUNDRY WASTEWATER TREATMENT USING MEMBRANE FILTER SYNTHESIZED FROM ZEOLITE AND CHITOSAN FOR REMOVING TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) AND SURFACTANT

Name of Student : Moh. Khoirur Rohman
NRP : 3312100701
Supervisor : Alia Damayanti, ST, MT, PhD

ABSTRACT

The increasing number of laundry industries, has caused the increase of wastewater generation. Nearly all wastewater from the laundry busines is disposed of through a sewer or septic tank without any advance processing, so that potentially caused contamination of soil and water. Laundry wastewater has a concentration of TSS 560 mg/L and surfactant 186,4 mg/L where the levels exceed the quality standards in East Java Province of 100 mg/L for TSS and 10 mg/L for the surfactant. One method to reduced the pollutant in wastewater was using membrane filtration. Zeolite and chitosan were materials that have been often used as membrane material because it have a good ability in the film-forming, easily processing and availability of abundant. The aim of this research is to analyze the effect of using membranes synthesized from zeolite and chitosan for flux and removing pollutants mainly for the parameter of TSS and surfactant in laundry wastewater.

The filtration process used cross-flow method because it required lower operating costs. Variations in this research were the mass composition ratio of zeolite and chitosan 1: 1; 2: 1 and 1: 2 (Z1C1; Z2C1 and Z1C2) with a total mass used of 15 g, and variations in pressure of 1,5 bar and 2 bar. Where as the concentration of wastewater used in the process was 100% without the addition of distilled water or dilution.

The research data showed composition ratio of optimum zeolite and chitosan, the membrane flux and rejection or removal efficiency. The optimum composition ratio of zeolite and chitosan was 2:1 (membrane Z2C1). The highest flux in membrane filtration was membrane Z1C1 in pressure of 2 bar at 10th minute that was 39,99 L/m².jam. Where as the highest TSS and surfactant removal efficiencies at Z2C1 membrane pressure of 2 bar at 20th minute and Z1C2 membrane pressure of 1,5 bar at 60th minute were 90,71% and 97,67% respectively.

Keywords : cross flow, membrane filter, laundry wastewater, zeolite and chitosan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, taufiq, hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul ***“Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Filter Membran dari Sintesis Zeolit dan Kitosan untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) dan Surfaktan”***.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Dosen pembimbing Tugas Akhir, Ibu Alia Damayanti, ST, MT, PhD yang senantiasa membimbing dan mengarahkan.
2. Dosen penguji Tugas Akhir Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DiplSE, MSc, PhD, Bapak Dr. Ali Masduqi, ST, MT dan Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc atas masukan dan saran perbaikan.
3. Dosen wali, Bapak Alfian Purnomo, ST, MT atas segala dukungan, do'a dan bimbingan yang telah diberikan.
4. Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, Ibu IDAA Warmadewanthi, ST, MT, PhD atas segala semangat dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir.
5. Orang tua yang selalu memberi semangat, do'a, dan kesabaran lebih demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan satu dosen pembimbing Tugas Akhir yakni Lilik Safitri, Venilia Vania, Tiara Aulia Kusumaningratri dan Aldita Rizki Desyana, terima kasih atas kerja sama, diskusi dan dukungannya.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS dan CSSMoRA ITS angkatan 2012.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah	5
2.1.1 Definisi Air Limbah	5
2.1.2 Air Limbah <i>Laundry</i>	5
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i>	7
2.2 Membran	7
2.2.1 Definisi Membran	7
2.2.2 Klasifikasi Membran	9
2.2.3 Karakterisasi Membran	13
2.2.4 Teknik Pembuatan Membran	16
2.2.5 Reaktor Pengujian Kinerja Membran	20
2.2.6 Membrane Fouling	21
2.2.7 Membrane Cleaning	21
2.3 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> dan Surfaktan	22
2.3.1 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	22
2.3.2 Surfaktan	23
2.4 Zeolit dan Kitosan	24
2.4.1 Zeolit	24
2.4.2 Kitosan	25
2.5 Aditif Polimer pada Pembuatan Membran	26
2.6 Penelitian Terdahulu	28

BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1 Umum	31
3.2 Kerangka Alur Penelitian	31
3.3 Variasi Penelitian	33
3.4 Penelitian Pendahuluan	34
3.4.1 Alat dan Bahan	34
3.4.2 Pembuatan Larutan Bahan.....	34
3.4.3 Sintesis Membran	35
3.4.4 Karakterisasi Membran	36
3.5 Penelitian Utama.....	36
3.5.1 Alat dan Bahan	36
3.5.2 Pembuatan Larutan Bahan.....	36
3.5.3 Persiapan Air Limbah.....	37
3.5.4 Aplikasi Membran pada Reaktor <i>Cross Flow</i>	37
3.6 Analisis Sampel dan Hasil.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Pencucian Zeolit	41
4.2 Pembuatan Larutan dan Pencetakan Membran	42
4.2.1 Pembuatan Larutan Zeolit	42
4.2.2 Pembuatan Larutan Kitosan	43
4.2.3 Pencetakan Membran	44
4.3 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair <i>Laundry</i>	46
4.4 Aplikasi Filter Membran	46
4.5 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Fluks.....	48
4.6 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi TSS	53
4.7 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi Surfaktan	57
4.8 Analisis Morfologi Membran	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Limbah <i>Laundry</i>	6
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan <i>Laundry</i>	7
Tabel 2. 3 Jenis Membran Berdasarkan Fungsinya	10
Tabel 2. 4 Kisaran nilai fluks dan tekanan	15
Tabel 2. 5 Porositas dan distribusi ukuran pori membran	18
Tabel 3. 1 Variasi Penelitian	34
Tabel 3. 2 Konversi Satuan Tekanan	40
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Usaha <i>Laundry</i>	46
Tabel 4. 2 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 Bar	49
Tabel 4. 3 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 Bar	51
Tabel 4. 4 Kadar TSS dan Efisiensi <i>Removal</i> TSS	54
Tabel 4. 5 Konsentrasi dan hasil absorbansi larutan standard ...	59
Tabel 4. 6 Konsentrasi permeat dan efisiensi <i>removal</i> surfaktan	60

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses pemisahan pada membran (Mulder, 1996) ..	9
Gambar 2. 2 Klasifikasi membran proses dengan tekanan sebagai <i>driving force</i> (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)	11
Gambar 2. 3 Penampang Membran Simetris (Mulder, 1996)	11
Gambar 2. 4 Penampang Membran Asimetris (Mulder, 1996) ...	12
Gambar 2. 5 Penampang Membran Berpori (Mulder, 1996)	12
Gambar 2. 6 Penampang Membran Tak Berpori (Mulder, 1996) ..	13
Gambar 2. 7 Skema kerja SEM (Samsiah, 2009)	14
Gambar 2. 8 Skema proses <i>sintering</i> (Mulder, 1996)	17
Gambar 2. 9 Model aliran <i>cross flow</i> (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)	20
Gambar 2. 10 Model aliran <i>dead end</i> (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)	21
Gambar 2. 11 Rumus molekul Poly (Vynil) Glikol (Hassan dan Peppas, 2000)	27
Gambar 3. 1 Diag Alir Kerangka Penelitian	33
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Membran	39
Gambar 4. 1 Zeolit yang telah dicuci	42
Gambar 4. 2 Pembuatan larutan zeolit	43
Gambar 4. 3 Pembuatan larutan kitosan	44
Gambar 4. 4 Proses pencetakan membran (a). Sebelum dipanaskan (b). Setelah dipanaskan	45
Gambar 4. 5 Pemasangan membran	47
Gambar 4. 6 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 bar	50
Gambar 4. 7 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 bar	51
Gambar 4. 8 Perbedaan Nilai Fluks Membran	52
Gambar 4. 9 Efisiensi <i>Removal</i> TSS pada Tekanan 1,5 bar	55
Gambar 4. 10 Efisiensi <i>Removal</i> TSS pada Tekanan 2 bar	56
Gambar 4. 11 Efisiensi <i>Removal</i> TSS pada Tekanan 1,5 dan 2 bar	57
Gambar 4. 12 Sampel untuk analisis surfaktan	58
Gambar 4. 13 Kurva Kalibrasi Surfaktan	59
Gambar 4. 14 Efisiensi <i>removal</i> surfaktan pada tekanan 1,5 bar ..	61
Gambar 4. 15 Efisiensi <i>removal</i> surfaktan pada tekanan 2 bar ..	62

Gambar 4. 16 Efisiensi *removal* surfaktan pada tekanan 1,5 bar
dan 2 bar63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya penduduk di Surabaya baik penduduk asli maupun pendatang mengakibatkan terjadi peningkatan usaha *laundry*. Meningkatnya usaha *laundry* menyebabkan semakin banyaknya limbah yang dihasilkan. Semakin banyaknya industri *laundry* menyebabkan pencemaran badan air di daerah hilir Kali Surabaya (Kusumo, 2011). Hampir semua limbah cair dari usaha *laundry* tersebut dibuang melalui selokan atau tangki septik tanpa proses pengolahan terlebih dahulu sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran air tanah dan badan air di sekitarnya.

Air limbah *laundry* mengandung bahan kimia yang berasal dari deterjen dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, amoniak dan nitrogen serta kadar padatan terlarut (TSS), kekeruhan, BOD dan COD tinggi (Ahmad dan El-Dessouky, 2008). Dengan demikian, peningkatan jumlah usaha *laundry* tersebut akan menyebabkan peningkatan konsentrasi TSS dan surfaktan di badan air jika secara kontinyu dibuang ke badan perairan tanpa melalui proses pengolahan.

Berdasarkan Stefhany, dkk (2013) limbah cair usaha *laundry* memiliki nilai TSS 182 mg/L dan fosfat 29,625 mg/L, sedangkan berdasarkan Astuti dan Sinaga (2015) limbah cair usaha *laundry* memiliki nilai fosfat 19,1 mg/L.

Sedangkan berdasarkan uji karakteristik awal limbah cair *laundry* diperoleh nilai TSS 560 mg/L dan surfaktan 186,4 mg/L. Kadar kedua parameter baik TSS maupun surfaktan tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan di wilayah Provinsi Jawa Timur dimana baku mutu untuk TSS adalah 100 mg/L dan surfaktn adalah 10 mg/L (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013).

Salah satu cara mereduksi atau menurunkan kadar pencemar dalam limbah cair adalah dengan menggunakan filtrasi membran. Filtrasi dengan membran merupakan alternatif

teknologi pengolahan limbah cair yang mempunyai keunggulan efisiensi pemisahan yang tinggi. Selain itu pengolahan menggunakan teknologi membran mempunyai kelebihan biaya operasi yang relatif murah, ramah lingkungan, dan efisiensi ruang (Muliawati, 2012). Penelitian telah banyak dilakukan untuk mendapatkan metode pengolahan limbah usaha *laundry* agar bisa sesuai dengan baku mutu limbah cair usaha *laundry*. Nasir dkk (2013) telah melakukan penelitian pengolahan limbah hasil proses *laundry* menggunakan filter keramik dengan menggunakan tanah liat alam dan zeolit untuk menurunkan DS, TSS, pH, COD, BOD, DHL dan surfaktan.

Membran merupakan lapisan penghalang (*barrier*) atau pembatas selektif yang diletakkan antara dua fase bersifat semipermeabel yang dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen yang lain (Mulder, 1996). Material membran berpengaruh penting terhadap proses pemisahan. Zeolit dan kitosan merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan membran karena memiliki kemampuan yang bagus dalam membentuk film, pengolahan mudah dan ketersediaan yang melimpah. Kitosan ini diperoleh dari kulit udang yang tersedia melimpah di sekitar Surabaya.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan membran yang dibuat dari sintesis zeolit dan kitosan terhadap penurunan kadar pencemar terutama untuk parameter TSS dan surfaktan pada limbah cair usaha *laundry*. Penggunaan baku mutu untuk usaha *laundry* pada penelitian ini digunakan sebagai kontrol efluen atau permeat. Proses filtrasi menggunakan aliran *cross-flow* karena memerlukan biaya operasi yang lebih rendah. Setelah diperoleh kualitas efluen yang dihasilkan tersebut diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah *laundry* sehingga dapat membantu mengatasi persoalan pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa perbandingan komposisi zeolit dan kitosan terbaik untuk pembuatan membran?
2. Bagaimana pengaruh variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan serta tekanan terhadap nilai fluks yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan serta tekanan terhadap efisiensi *removal* yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Memperoleh perbandingan komposisi zeolit dan kitosan terbaik untuk pembuatan membran.
2. Memperoleh nilai fluks membran pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan serta tekanan yang digunakan.
3. Memperoleh efisiensi *removal* membran pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan serta tekanan yang digunakan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dengan skala laboratorium di Laboratorium Pemulihan Air dan Workshop Pengolahan Air Limbah Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya.
2. Sampel air limbah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair *laundry* yang berasal dari Usaha *Laundry* di Kelurahan Keputih, Sukolilo Surabaya.
3. Parameter air limbah yang dianalisis dalam penelitian ini adalah TSS dan surfaktan atau deterjen.

4. Membran yang digunakan merupakan hasil sintesis zeolit dan kitosan dengan variasi variabel penelitian sebagai berikut :
 - a. Variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan yaitu 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2).
 - b. Variasi tekanan yaitu 1,5 bar dan 2 bar.
 - c. Konsentrasi limbah yang digunakan yaitu 100%.
5. Perbandingan komposisi zeolit dan kitosan terbaik diperoleh berdasarkan nilai fluks yang dihasilkan.
6. Efisiensi *removal* digunakan untuk menghitung nilai rejeksi membran.
7. Aliran dalam reaktor membran yang digunakan adalah aliran *cross flow*.
8. Analisis morfologi yang digunakan yaitu analisis SEM EDX yang dilakukan di Laboratorium Energi LPPM ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan alternatif pengolahan air limbah *laundry* yang dapat di *scale-up* pada kondisi riil dengan efektif dan efisien sehingga air limbah yang dihasilkan dari usaha *laundry* bisa memenuhi standar baku mutu atau lebih aman bagi lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat menambah referensi penelitian tentang pemanfaatan zeolit dan kitosan untuk mengolah limbah cair dari usaha *laundry*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Definisi Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 dijelaskan bahwa air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Sedangkan berdasarkan Metcalf dan Eddy (2003) limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Air limbah pada konsentrasi tertentu dengan melewati batas yang ditetapkan akan menimbulkan pencemaran dan dapat mempengaruhi kondisi lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk menghilangkan atau menyisihkan kontaminan. Kontaminan dapat berupa senyawa organik yang dinyatakan oleh nilai BOD, COD, *nutrient*, senyawa toksik, mikroorganisme patogen, partikel *non biodegradable*, padatan tersuspensi maupun terlarut (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.1.2 Air Limbah *Laundry*

Air limbah *laundry* merupakan air limbah yang dihasilkan dari usaha *laundry* yang menggunakan deterjen untuk proses pencuciannya. Deterjen umumnya tersusun atas tiga komponen yaitu surfaktan (sebagai bahan dasar deterjen), bahan *builders* (senyawa fosfat) dan bahan aditif (pemutih dan pewangi). Komponen terbesar dari deterjen yaitu bahan *builders* berkisar 70-80 %, bahan surfaktan berkisar 20-30 % dan bahan aditif relatif sedikit yaitu antara 2-8 % (Sopiah dan Chaerunisah, 2006).

Berdasarkan bahan surfaktan, deterjen dibedakan menjadi empat kelompok besar yaitu deterjen nonionik, kationik, anionik dan amphoterik. Jenis surfaktan yang umumnya

digunakan pada deterjen adalah tipe anionik dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}) dan sulfonat (SO_3^-). Berdasarkan rumus kimianya, deterjen golongan sulfonat dibedakan menjadi jenis bercabang yaitu *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dan jenis rantai lurus yaitu *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS).

Sedangkan menurut Ahsan (2005), dua bahan terpenting dari pembentuk deterjen yaitu surfaktan dan *builders*. Kedua bahan ini diidentifikasi mempunyai pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap kesehatan manusia dan lingkungannya. Keberadaan busa menutup permukaan air sehingga kontak udara dan air terbatas berakibat menurunkan jumlah oksigen terlarut. Hal ini akan menyebabkan organisme air kekurangan oksigen dan dapat menyebabkan kematian.

Selain itu pencemaran akibat deterjen mengakibatkan timbulnya bau busuk. Bau busuk ini berasal dari gas NH_3 dan H_2S yang merupakan hasil proses penguraian bahan organik lanjutan oleh bakteri anaerobik. Fosfat memegang peranan penting dalam produk deterjen, sebagai *softener* air dan *builders*. Dalam jumlah banyak, fosfat dapat menyebabkan pengayaan unsur hara (eutrofikasi) di badan air sungai atau danau. Hal ini ditandai oleh ledakan pertumbuhan algae (*algae boom*) dan eceng gondok yang secara tidak langsung dapat membahayakan biota air dan lingkungan. Kandungan air limbah laundry dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kandungan Limbah *Laundry*

Parameter	Kadar	Satuan
Ph	9,6	-
<i>Suspended substances</i>	35	mg/L
<i>Sediment substances</i>	2	mg/L
Cl_2	0,1	mg/L
Total nitrogen	2,75	mg/L
Nitrogen ammonia	2,45	mg/L
Total pospat	9,9	mg/L
COD	280	mg O_2 /L
BOD ₅	195	mg O_2 /L

Sumber : Turk, 2004

2.1.3 Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Mutu air limbah adalah kondisi kualitas air limbah yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Baku mutu air limbah untuk kegiatan *laundry* dengan volume air limbah maksimum per satuan produk 16 liter/kg cucian dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan *Laundry*

Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
BOD ₅	100	mg/L
COD	250	mg/L
TSS	100	mg/L
Minyak dan Lemak	10	mg/L
MBAS (Detergent)	10	mg/L
Fosfat (sebagai P ₂ O ₄)	10	mg/L
pH	6-9	-

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

Pada penelitian ini, parameter yang dianalisis adalah TSS dan surfaktan karena dalam percobaan analisis COD tidak diperoleh efisiensi *removal* yang signifikan. Selain itu sebagian parameter telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

2.2 Membran

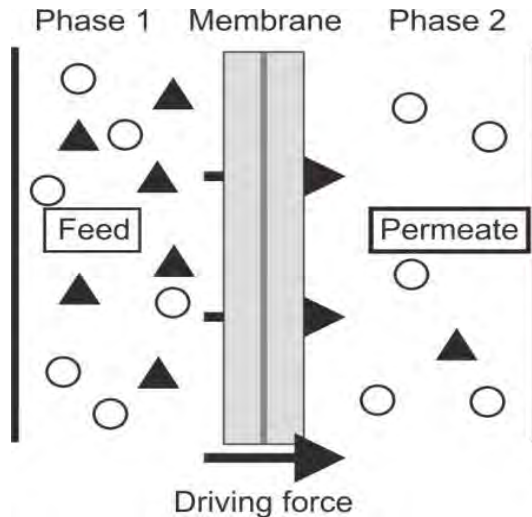
2.2.1 Definisi Membran

Membran merupakan suatu lapisan yang memisahkan dua fase dimana perpindahan massanya dapat diatur dan hanya dapat dilewati oleh ion-ion tertentu. (Mulder, 1996). Sedangkan menurut Baker (2004), membran merupakan lapisan tipis yang dapat digunakan untuk memisahkan komponen yang berbeda berdasarkan sifat permeabilitasnya. Komponen aktif membran adalah suatu senyawa bermuatan atau netral yang mampu

membentuk senyawa kompleks dengan ion-ion secara reversible dan membawanya melalui membran organik. Senyawa seperti ini disebut *ionofores* atau pembawa ion (*ion carrier*). Membran disebut berbentuk selaput dan bersifat semipermeabel yang memungkinkan lewatnya jenis molekul tertentu. Proses pemisahan pada membran dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Chang (2002) menyatakan bahwa dalam beberapa tahun terakhir membran digunakan untuk pengolahan air limbah guna memisahkan biomassa yang terdapat dalam air limbah. Teknologi membran menawarkan banyak kelebihan dibandingkan dengan pengolahan konvensional. Hambatan terhadap penggunaan teknologi membran disebabkan oleh *fouling* yang menyebabkan berkurangnya produktivitas membran, meningkatkan biaya operasional dan perawatan. Kelebihan teknologi membran dibandingkan dengan proses lain yaitu:

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu, sehingga konsumsi energi umumnya relatif rendah.
2. Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya.
3. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah dikondisikan.
4. Memperbesar skala pemisahan.
5. Tidak perlu adanya bahan tambahan.
6. Material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya.



Gambar 2. 1 Proses Pemisahan pada Membran (Mulder, 1996)

2.2.2 Klasifikasi Membran

Membran dapat dibagi berdasarkan beberapa jenis (Mulder, 1996) yaitu:

1. Jenis membran berdasarkan bahan dasar pembuatannya.
 - a. Membran biologis, yaitu membran yang terdapat dalam sel makhluk hidup.
 - b. Membran sintesis, dapat dibedakan menjadi membran organik (bahan pembuatan utamanya adalah polimer atau cairan), membran anorganik (bahan pembuatan utamanya adalah logam atau non logam, kaca), atau campuran keduanya (keramik).
2. Jenis membran berdasarkan fungsinya.
Berikut adalah jenis membran berdasarkan fungsinya yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

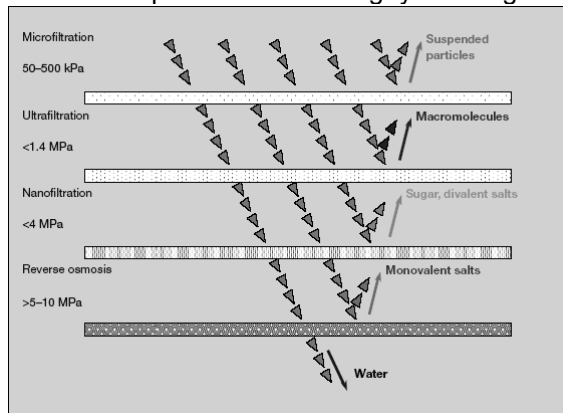
Tabel 2. 3 Jenis Membran Berdasarkan Fungsinya

No.	Jenis Membran	Ukuran Pori	Fungsi
1	Mikrofiltrasi	0,05 – 10 μm	Memisahkan koloid dan suspense
2	Ultrafiltrasi	0,05 - 1 μm	Memisahkan makromolekul
3	Nanofiltrasi	0,01 - 5 nm	Memisahkan komponen terlarut yang mempunyai berat molekul rendah
4	<i>Reverse Osmosis</i> (RO)	< 2 nm	Memisahkan komponen terlarut dengan berat molekul rendah

Sumber : Mulder, 1996

3. Jenis membran berdasarkan gradien tekanan sebagai gaya dorong dan permeabilitasnya.
 - a. Mikrofiltrasi (MF), Membran jenis ini memiliki ukuran pori 0,05-10 μm dengan tebal 10-200 μm , dapat dibuat dari bahan polimer maupun keramik, beroperasi pada tekanan berkisar 0,1-2 bar dan batasan permeabilitasnya lebih besar dari 50 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.
 - b. Ultrafiltrasi (UF), Membran jenis ini memiliki ukuran pori berkisar 0,05-1 μm (1-100 nm), dengan tebal mencapai 150 μm , dapat dibuat dari bahan keramik atau polimer, beroperasi pada tekanan antara 1-5bar dan batasan permeabilitasnya adalah 10-50 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.
 - c. Nanofiltrasi (NF), Membran ini memiliki ukuran pori 0,01-5 nm, dapat dibuat dari bahan poliamida (*interfacial polymerisasi*), beroperasi pada tekanan antara 5-20 bar dan batasan permeabilitasnya mencapai 1,4-12 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.
 - d. *Reverse Osmosis* (RO), Membran jenis ini memiliki ukuran pori lebih kecil dari 2 nm, dapat terbuat dari bahan selulosa triasetat atau aromatik poliamida, beroperasi pada tekanan antara 10-100 bar dan batasan permeabilitasnya mencapai 0,05-1,4 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.

Gambar 2.2 di bawah ini merupakan klasifikasi membran berdasarkan permeabilitas dan gaya dorong.



Gambar 2. 2 Klasifikasi Membran Proses dengan Tekanan sebagai *Driving Force* (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)

4. Jenis membran berdasarkan morfologi membran.
 - a. Membran simetris, yaitu membran yang memiliki struktur dan ukuran pori yang seragam dengan ketebalan 10 – 200 μm . Membran ini terdiri atas membran berpori dan membran rapat.



Gambar 2. 3 Penampang Membran Simetris (Mulder, 1996)

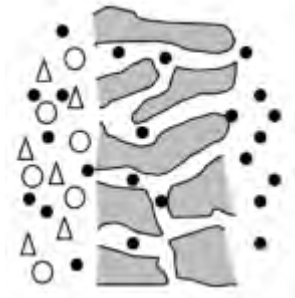
- b. Membran asimetris, yaitu membran yang memiliki struktur dan ukuran pori tidak seragam dengan sisi

luar mempunyai ketebalan 0,1 – 0,5 μm dan sisi dalam mempunyai ketebalan 50 – 200 μm .



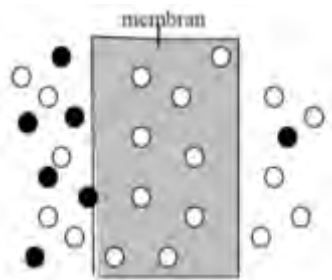
Gambar 2. 4 Penampang Membran Asimetris (Mulder, 1996)

5. Jenis membran berdasarkan prinsip pemisahan akibat ukuran pori.
 - a. Membran berpori, yaitu membran dengan prinsip pemisahan berdasarkan pada ukuran partikel zat. Membran ini biasa digunakan dalam proses pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi.



Gambar 2. 5 Penampang Membran Berpori (Mulder, 1996)

- b. Membran tak berpori, yaitu membran dengan prinsip pemisahan berdasarkan atas perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi suatu zat. Membran ini digunakan untuk pemisahan gas dan pervaporasi.



Gambar 2. 6 Penampang Membran Tak Berpori (Mulder, 1996)

- c. Membran cair, yaitu membran yang prinsip pemisahannya tidak ditentukan oleh bahan pembentuk membran, akan tetapi oleh molekul pembawa yang spesifik.

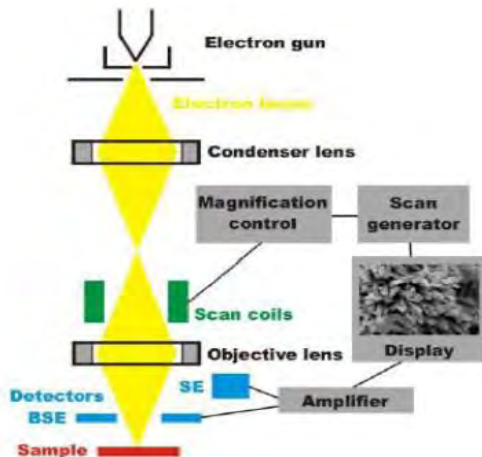
2.2.3 Karakterisasi Membran

Produktivitas membran dapat dikarakterisasi dengan nilai fluks, dan efisiensi membran dapat dikarakterisasi dengan nilai rejeksi.

a. *Scanning Electron Microscopy* (SEM EDX)

Scanning elektron microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM EDX) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM EDX ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM EDX akan mendeteksi berkas

elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tertinggi itu. Ketika dilakukan pengamatan terhadap material, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron yang berintensitas tertinggi di scan keseluruhan permukaan material pengamatan. Karena luasnya daerah pengamatan kita dapat membatasi lokasi pengamatan yang kita lakukan dengan melakukan *zoom-in* atau *zoom-out*. Dengan memanfaatkan berkas pantulan dari benda tersebut maka informasi dapat diketahui dengan menggunakan program pengolahan citra yang terdapat dalam komputer. Gambar 2.7 menunjukkan skema kerja dari SEM.



Gambar 2. 7 Skema Kerja SEM (Samsiah, 2009).

b. Permeabilitas Membran

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam

waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Fluks membran merupakan salah satu faktor utama dalam performa membran. Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material dipermukaan membran, yang dikenal dengan istilah *fouling* dan *scaling*. Secara umum fluks dapat dirumuskan sebagai (Mulder, 1996) :

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

Dimana :

J = Fluks (l/m².jam)

V = Volume permeat (l)

A = Luas permukaan membran (m²)

t = Waktu (jam)

Berikut adalah kisaran nilai fluks dan tekanan :

Tabel 2. 4 Kisaran Nilai Fluks dan Tekanan

No	Jenis membran	Tekanan (Atm)	Kisaran nilai fluks
1	Mikrofiltrasi	0,1-2,0	>50
2	Ultrafiltrasi	1,0-5,0	10-50
3	Nanofiltrasi	5,0-20,0	1,4-12
4	Osmosis Balik	10,0-100,0	0,05-1,4

Sumber : Mulder (1996)

Kinerja membran sangat dipengaruhi oleh waktu. Semakin lama waktu, nilai fluks yang dihasilkan juga akan semakin kecil. hal ini disebabkan karena adanya polarisasi konsentrasi atau *fouling*. Peningkatan jumlah zat terlarut dalam membran sampai konsentrasi tertentu akan menimbulkan hambatan. Apabila hal ini terus berlanjut di permukaan membran akan terbentuk gel sehingga menimbulkan hambatan gel. Hambatan-hambatan lain yang akan ditimbulkan adalah penyumbatan pori yang mengakibatkan nilai fluks akan semakin turun sampai tercapai keadaan tunak.

c. Permeaselektivitas Membran

Selektivitas suatu membran adalah ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Selektifitas membran tergantung pada interaksi antar muka dengan spesi yang akan melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori permukaan membran. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permselektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Harga R berkisar antara 0 sampai 1. Jika harga R = 1 berarti zat kontaminan ditahan oleh membran secara sempurna. Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\%$$

Dimana :

- R = Koefisien rejeksi (%)
- C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat
- C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

(feed)

2.2.4 Teknik Pembuatan Membran

Membran dapat dibuat dengan menggunakan semua jenis material sintetik yang berbeda. Material yang digunakan dapat berupa anorganik seperti logam, keramik, gelas atau organik mencakup semua polimer. Tujuannya adalah untuk memodifikasi material melalui teknik yang cocok untuk pemisahan yang spesifik. Teknik pembuatan membran antara lain (Mulder, 1996) :

a. *Sintering*

Bahan membran yang digunakan adalah bubuk yang memiliki ukuran partikel tertentu. Bubuk tersebut ditekan dan dipanaskan pada suhu yang tinggi, sehingga antar muka partikel yang berdekatan akan menghilang dan timbul pori-pori. Teknik ini digunakan untuk menghasilkan membran mikrofiltrasi organik dan anorganik yang berpori

dengan ukuran pori antara $0,1 - 10 \mu\text{m}$. Skema proses sintering dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Skema Proses Sintering (Mulder, 1996)

b. *Stretching*

Bahan yang digunakan adalah polimer semikristalin. Polimer semikristalin tersebut ditarik searah dengan arah ekstrusi, sehingga bagian kristalin dari polimer akan terletak sejajar dengan arah ekstrusi. Porositas membran yang dihasilkan dengan teknik ini lebih banyak dibandingkan dengan teknik sintering. Pori yang terbentuk berukuran $0,1 - 3 \mu\text{m}$.

c. *Track-etching*

Membran dari polimer ditembak dengan partikel radiasi berenergi tinggi pada arah tegak lurus terhadap membran. Partikel radiasi akan membentuk lintasan pada matriks membrane. Pada saat membrane dimasukkan ke dalam bak asam atau basa, maka polimer akan terbentuk sepanjang lintasan. Pori yang dihasilkan berukuran seragam (simetris) dan distribusi pori sempit (porositas menurun). Ukuran pori yang diperoleh berkisar antara $0,02 - 10 \mu\text{m}$.

d. *Template leaching*

Teknik ini dilakukan dengan melepas salah satu komponen film sehingga dihasilkan membran berpori. Ukuran pori yang dihasilkan bervariasi dengan ukuran minimum sekitar 5 nm atau $0,005 \mu\text{m}$.

e. *Coating*

Polimer membran yang rapat akan menghasilkan nilai fluks yang rendah. Untuk meningkatkan laju fluks, maka ketebalan membran harus diperkecil dengan membentuk membrane komposit. Membran komposit terdiri atas dua material. Material yang sangat selektif diletakkan di

bagian atas membran. Sedangkan lapisan di bawahnya dilapisi dengan material berpori besar.

f. *Phase inversion* (Inversi fasa)

Inversi fasa adalah proses transformasi polier dari fasa cair ke fasa padat dengan kondisi terkendali. Proses pengendapan diinisiasi oleh keadaan transisi dari satu cairan menjadi dua cairan yang saling campur (*liquid-liquid demixing*). Selama pencampuran, salah satu fasa cair yang mengandung polimer berkonsentrasi tinggi akan memadat dan membentuk matriks sehingga morfologi membran dapat diatur.

Tabel 2.5 berikut menyajikan pengaruh metoda preparasi terhadap porositas dan distribusi ukuran pori membran.

Tabel 2. 5 Porositas dan Distribusi Ukuran Pori Membran

Proses	Porositas	Distribusi ukuran pori
<i>Sintering</i>	rendah/sedang	sempit/luas
<i>Stretching</i>	sedang/tinggi	sempit/luas
<i>Track-etching</i>	Rendah	Sempit
<i>Inversi fasa</i>	Tinggi	sempit/luas

Sumber : Wenten, (1995)

Sebagian besar membran yang diproduksi dibuat dengan metode inversi fasa. Dibanding dengan teknik lain, inversi fasa mempunyai kelebihan diantaranya mudah dilakukan, pembentukan pori dapat dikendalikan dan dapat digunakan pada berbagai macam polimer (Wenten, 1995). Membran inversi fasa dapat dibuat dari berbagai macam polimer dengan syarat polimer yang digunakan harus larut pada pelarut yang sesuai atau campuran pelarut. Secara umum membran dengan teknik inversi fasa dapat dibuat menjadi dua konfigurasi yaitu datar (lembaran) atau pipa (turbular). Tahapan dasar pembuatan membran dengan teknik inversi fasa yaitu :

a. Pembuatan larutan polimer

- b. Proses *casting* untuk membentuk lapisan tipis (100-200 μm)
- c. Perendaman di non pelarut di bak koagulasi
- d. Perlakuan akhir

Dalam proses pembuatan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik membran yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi membran tersebut adalah:

- a. Konsentrasi polimer : Konsentrasi polimer terkait dengan porositas membran, sehingga akan mempengaruhi laju alir permeat dan rejeksi.
- b. *Solvent* (pelarut) : *solvent* yang dipilih harus dapat melarutkan polimer secara sempurna sehingga membentuk larutan yang homogen.
- c. Waktu penguapan : waktu penguapan berpengaruh pada difusi komponen-komponen dalam sistem sehingga akan berpengaruh pada morfologi membran (ukuran pori membran), waktu penguapan yang terlalu lama akan mengakibatkan membran berpori sangat kecil sehingga aliran tidak dapat melewati membran.
- d. Bahan dan suhu koagulasi : koagulasi adalah proses pemadatan lapisan film setelah penguapan, dimana terjadi transfer massa antara solven dan nonsolven yang mempengaruhi ketebalan lapisan film setelah penguapan solven.
- e. Waktu dan suhu *annealing* : *annealing* bertujuan menurunkan kandungan air pada proses koagulasi sehingga ukuran pori makin rapat. Kenaikan suhu dan waktu *annealing* akan menurunkan permeabilitas dan meningkatkan rejeksi.
- f. Jenis dan konsentrasi aditif : aditif berfungsi meningkatkan ketidak stabilan sistem untuk mendapatkan struktur berpori pada membran.

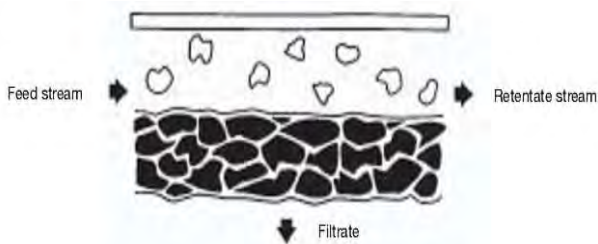
Untuk mendapatkan membran sesuai karakteristik yang diinginkan, pengontrolan terhadap tahap pemadatan membran adalah sangat penting. Dua faktor utama yang mengontrol pembentukan membran inversi fasa adalah termodinamika dan kinetika yang saling berhubungan selama proses pemadatan larutan *casting*. Pembentukan membran berhubungan dengan

kesetimbangan fasa dan difusivitas diantara komponen-komponen dalam sistem. Penurunan kesetimbangan fasa dan peningkatan difusivitas mengakibatkan *instantaneous demixing* (pembentukan membran yang sangat cepat dalam bak non solven) dan akan menghasilkan struktur yang berpori. (Mohammadi dan Saljoughi, 2009).

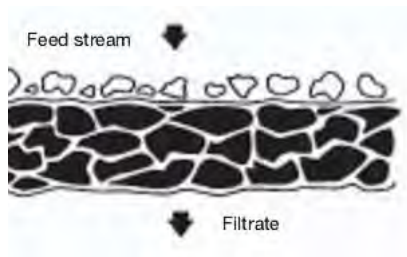
2.2.5 Reaktor Pengujian Kinerja Membran

Pengujian kinerja reaktor dapat dilakukan dengan jenis aliran umpan, yaitu *dead end* dan *cross flow*. Pada reaktor *dead end*, membran berfungsi sebagai media filter, seluruh aliran akan melewati membran sehingga partikel tertahan pada membran. aliran umpan pada reaktor ini mengalir melalui tahanan membran dan tahanan penumpukan partikel pada permukaan membran (Mallack dkk, 1997).

Pada reaktor dengan aliran *cross flow* menghasilkan 2 aliran karena air yang akan diolah dialirkan secara tangensial ke sepanjang permukaan membran. Air hasil olahan yang telah melewati membran disebut *permeate*. Karakteristik membran, kondisi operasi, serta kualitas air bakunya mempengaruhi jumlah dan kualitas *permeate*. Aliran lainnya adalah aliran air buangan (*reject*) atau disebut *concentrate*, dimana di dalam aliran air buangan mengandung zat atau kotoran yang telah dipisahkan oleh membran sehingga konsentrasinya menjadi lebih pekat.



Gambar 2. 9 Model Aliran *Cross Flow* (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)



Gambar 2. 10 Model Aliran *Dead End* (Pusparini dan Isyuniarto, 2010)

2.2.6 *Membrane Fouling*

Fouling merupakan peristiwa kompleks hasil interaksi antara membran (terasuk di dalamnya pori-pori membran) dan komponen dalam umpan (pelarut, *solute*, partikel, makromolekul) dan juga antara *foulant* (komponen/*solute*/partikel yang menyebabkan terjadinya *fouling*) teradsorpsi dengan komponen lain yang ada dalam umpan. Secara umum, peristiwa fouling dipengaruhi oleh karakteristik membran, karakteristik umpan dan kondisi operasi (Mulder, 1996).

Karakteristik membran yang mempengaruhi *fouling* adalah hidrofilisitas, muatan, topografi permukaan dan struktur pori. Karakteristik umpan yang mempengaruhi fouling meliputi konsentrasi, muatan, hidrofilisitas, dan struktur fisik. Selain itu, kandungan ion, pH larutan dan jenis kation merupakan karakteristik umpan yang dapat berkontribusi terhadap perilaku *fouling*. Tingkat *fouling* juga dipengaruhi kondisi operasi seperti temperature, laju alir dan tekanan.

2.2.7 *Membrane Cleaning*

Pencucian membran (*membrane cleaning*) didefinisikan sebagai proses dimana material dihilangkan dari zat-zat yang bukan bagian dari material tersebut. Pencucian membrane merupakan usaha agar permukaan aktif tetap bersih dan proses yang sangat penting dalam mewujudkan operasi membran yang

efisien serta menjamin tingkat kemurnian produk (Wenten, 1995). Untuk mengurangi penumpukan materi pada permukaan membran, ada dua cara yang dapat diambil, yaitu (Milisic, 1996):

- a. Menjaga partikel mengenai membran, atau
- b. Membersihkan membran tersebut

Untuk menjaga partikel mengenai membran, ada beberapa teknik yang digunakan seperti proses filtrasi, proses koagulasi dimana upaya-upaya tersebut lazim disebut sebagai pretreatment. Sedangkan untuk membersihkan membran dapat digunakan pembersihan membran secara periodik, atau meningkatkan tegangan geser (*shear stress*) pada permukaan membran dimana konstituen yang telah tertahan (*fouling*) akan tergeser oleh turbulensi aliran sehingga tidak terjadi penumpukan partikel.

2.3 Total Suspended Solid (TSS) dan Surfaktan

2.3.1 *Total Suspended Solid* (TSS)

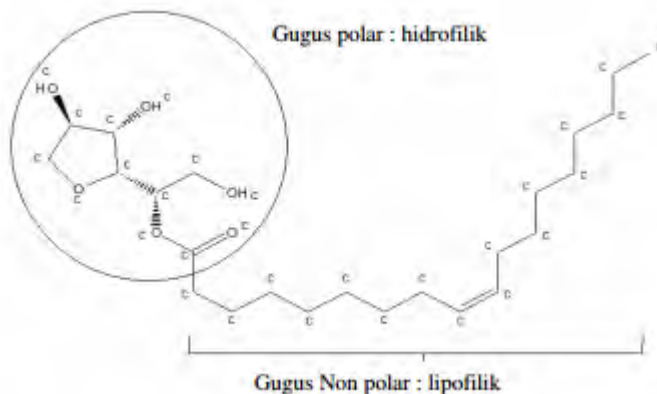
Total Suspended Solid (TSS) merupakan zat padat tersuspensi adalah zat padat yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Analisis zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan perairan berbanding terbalik. *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi akan menghalangi sinar matahari yang masuk ke dalam air, sehingga mengganggu proses fotosintesis yang menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut yang dilepas oleh tanaman.

Total Suspended Solid (TSS) merupakan zat-zat padatan yang ada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid), partikel tersuspensi. TSS yaitu jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang berada dalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran ukuran 0,45 μm . Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan

tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang berat dan ukurannya yang lebih kecil dari pada sedimen, seperti baha-bahan organic tertentu, tanah liat, kikisan tanah yang ditimbulkan oleh erosi tanah

2.3.2 Surfaktan

Surfaktan merupakan senyawa ampifilik, yaitu senyawa yang molekul-molekulnya mempunyai dua gugus yang berbeda interaksinya dengan air. Gugus hidrofilik yang memiliki ketertarikan kuat dengan air berada pada ujung polar (biasa disebut kepala), sedangkan gugus hidrofobik/lipofilik yang “suka minyak” berada pada ujung nonpolar (biasa disebut ekor). Gugus molekul surfaktan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Gugus Molekul Surfaktan

Kehadiran dua susunan grup yang berbeda di dalam satu molekul adalah karakteristik paling dasar dari surfaktan. Sifat permukaan (aktivitas permukaan) dari molekul surfaktan ditentukan oleh susunan pembentuknya, kelarutan, ukuran relatif, dan lokasi di dalam molekul surfaktan. Surfaktan diklasifikasikan berdasarkan muatan dari bagian permukaan yang aktif. Pada surfaktan-surfaktan anionik, bagian ini membawa muatan negatif seperti dalam sabun, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}^-_2\text{Na}^+$. Pada surfaktan-

surfaktan kationik, muatannya adalah positif, $(C_{18}H_{37})_2N^+(CH_3)_2Cl^-$. Pada surfaktan-surfaktan nonionik, seperti namanya, tidak muatan di dalam molekulnya. Kelarutan juga Gugus polar : hidrofilik Gugus Non polar : lipofilik bisa ditambahkan seperti rantai grup etilen oksida, $C_{15}H_{31}O(CH_2CH_2O)_7H$. Pada akhirnya, pada surfaktan-surfaktan amphoterik, solubilisasi dilengkapi oleh kehadiran muatan positif dan negatif di dalam molekul, seperti $C_{12}H_{22}N^+(CH_3)_2CH_2CO_2^-$. Secara umum, gugus hidrofobik terdiri dari rantai hidrokarbon yang mengandung 10-20 atom karbon. Rantai tersebut mungkin dapat diganggu oleh atom oksigen, cincin benzen, amida, ester, gugus fungsi lainnya, dan atau ikatan rangkap (Kirk dan Othmer, 1998).

2.4 Zeolit dan Kitosan

2.4.1 Zeolit

Akhir-akhir ini membran keramik berbasis zeolit banyak memperoleh perhatian para peneliti karena struktur porinya yang *uniform*, stabil terhadap panas, kekuatan mekanis yang baik serta tahan terhadap lingkungan kimia yang ekstrem. Zeolit alam merupakan mineral yang tersedimentasi di alam yang merupakan persenyawaan *aluminosilicates* yang membentuk kerangka struktur tiga dimensi antara lain alumina (AlO_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) tetrahedral (Lestari, 2010). Zeolit alam mempunyai karakteristik yang berbeda dengan membran konvensional yang dibuat dari senyawa-senyawa yang umum digunakan seperti alumina (Al_2O_3) atau zirkonia (ZrO_2) karena zeolit alam akan membentuk pori-pori antar partikel (*inter-particle active pores*) ketika di-*sintering* dalam keadaan kering.

Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit alam. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi juga ditujukan untuk memodifikasi

sifat-sifat zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman (Yuanita, 2009).

Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan dan pemanasan pada suhu tinggi. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005).

Membran keramik kebanyakan dibuat dalam dua bentuk geometri utama yaitu tubular dan flat. Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya yang baik, memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia dan degradasi biologis maupun mikroba dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan *cleaning agent*. Membran berbasis zeolit dapat dimanfaatkan juga untuk minimisasi limbah dan *recovery* pelarut pemisahan pada suhu tinggi terutama untuk komponen dengan titik didih yang berdekatan, senyawa-senyawa yang bersifat azeotrop dan isomer, pemisahan gas dari hidrokarbon, dehidrasi pelarut, katalis untuk konversi kimia, remediasi polutan dan untuk produksi air bersih (Cui et al, 2008).

2.4.2 Kitosan

Kitosan merupakan suatu polimer alam yang mempunyai struktur mirip dengan selulosa serta dapat dibentuk menjadi film tipis. Kitosan bersifat tidak beracun dan *biodegradable*. Kitosan merupakan polimer yang tersusun dari kopolimer dari glukosamin dan asetilglukosamin. Proses utama dalam pembuatan kitosan, meliputi penghilangan protein dan kandungan mineral melalui proses deproteinasi dan demineralisasi, yang masing-masing dilakukan dengan menggunakan larutan basa dan asam. Selanjutnya, kitosan diperoleh melalui proses deasetilasi dengan cara memanaskan dalam larutan basa.

Kitosan hasil deasetilasi dari kitin yang telah luas digunakan di berbagai industri seperti industri makanan,

pengolahan air, pertanian dan bioteknologi, serta untuk aplikasi mrdis dan kosmetika. Selama ini produk-produk turunan kitosan seperti karboksil metil kitosan (KMK) dan kitosanoligomer, dibuat dari kitosan asal hewan laut seperti kepiting dan udang karang (Sofia, dkk, 2010).

Kitosan adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan membran karena memiliki kemampuan yang bagus dalam membentuk film, pengolahan mudah dan ketersediaan yang melimpah (Dash *et al.*, 2011). Sifat polikationik dari kitosan memungkinkan kitosan bertindak sebagai adsorben dalam mengikat ion ion lain.

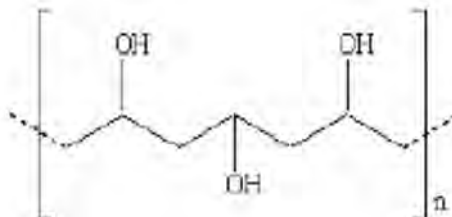
2.5 Aditif Polimer pada Pembuatan Membran

Membran yang hanya terbuat dari bahan dasar saja, biasanya tidak dapat digunakan karena terdapat beberapa kekurangan. Kemudian dilakukan penambahan bahan-bahan untuk mengatasinya, seperti penggunaan bahan tambahan (aditif) untuk memperbaiki sifat-sifat membran tersebut. Pada penelitian ini, aditif yang digunakan adalah *Poly Vynil Alcohol* (PVA) dan *Poly Ethilene Glikol* (PEG).

2.4.1 Poly Vynil Alcohol

Poly Vynil Alcohol (PVA) merupakan polimer yang sangat menarik, karena banyak karakter dari PVA yang sesuai dengan karakter polimer yang banyak diinginkan khususnya dalam bidang farmasi dan biomedis. Kristalinitas alami dari PVA merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogel. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan. Monomernya, yaitu vinil alkohol tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan tautomer dengan asetaldehida. PVA dihasilkan dari polimerisasi vinil asetat menjadi polivinil asetat (PVAc), kemudian diikuti dengan hidrolisis PVAc menjadi PVA. Kualitas PVA yang baik secara komersial ditentukan oleh derajat hidrolisis yang tinggi, yaitu di atas 98,5%. Derajat hidrolisis dan kandungan asetat dalam polimer sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat kimianya, seperti kelarutan dan kristalinitas PVA. Derajat hidrolisis

berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutannya akan semakin rendah. Gambar 2.12 menunjukkan struktur PVA (Hassan dan Peppas, 2000).



Gambar 2. 12 Rumus Molekul Poly Vynil Alcohol (Hassan dan Peppas, 2000).

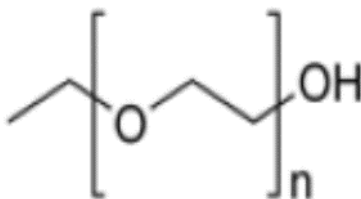
PVA merupakan polimer yang banyak digunakan dalam pembuatan membran karena memiliki sifat lentur dan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul zeolit dan kitosan, selain itu PVA juga mudah diuraikan secara alami (biodegradabel) pada kondisi yang sesuai. PVA komersial biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dalam air pada suhu 70°C (Wang et al., 2004).

2.5.2. *Poly Ethylene Glycol*

Poly Ethylene Glycol (PEG) merupakan senyawa yang stabil, non ionik, polimer dalam air dan dapat digunakan dalam sebaran bobot molekul yang luas. *Poly Ethylene Glycol* juga merupakan salah satu jenis osmotikum yang biasa digunakan untuk menstimulasi kondisi kekeringan. PEG adalah molekul sederhana dengan struktur molekul linier atau bercabang, polieteter netral, sesuai dengan beberapa variasi bobot molekul, dan larut dalam air dan beberapa pelarut organik. PEG dengan bobot molekul dibawah 700 berbentuk cair pada suhu ruang, sedangkan PEG dengan bobot molekul 700-900 berbentuk semisolid dan PEG dengan bobot molekul 900-1000 atau lebih

berbentuk padat pada suhu ruang. Bobot molekul kurang dari 1000, PEG bersifat kental, cairan tak berwarna, sedangkan bobot molekul yang lebih tinggi dari 1000 bersifat lilin dan berbentuk padatan putih, senyawa *biocompatible*, *highly hydrophilic* dan *anti fouling* (Su et al., 2009).

PEG dibuat secara komersial melalui reaksi etilen oksida dengan air atau etilen glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida. Jumlah dari etilen glikol menentukan berat molekul PEG yang dihasilkan. Rumus molekul PEG dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Rumus Molekul Poly Ethylene Glicol (Su et al., 2009)

PEG secara komersial dibuat dari reaksi antara etilen oksida dengan air atau reaksi antara etilen glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida, dan jumlah etilen glikol menentukan bobot molekul dari PEG. Menurut hasil penelitian Fadillah (2003), bahwa interaksi konsentrasi PEG dengan selulosa asetat menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata terhadap ukuran pori membran, dimana fluks membran akan bertambah dengan bertambahnya konsentrasi PEG dan berkurangnya konsentrasi selulosa asetat (Kirk dan Othmer, 1998).

2.6 Penelitian Terdahulu

Nasir dkk (2013) melakukan penelitian tentang aplikasi filter keramik berbasis tanah liat alam dan zeolit pada pengolahan air limbah hasil proses *laundry*. Filter keramik yang dibuat dari campuran 77,5% tanah liat, 20% zeolit dan 2,5% serbuk besi

dapat menurunkan kadar TDS, COD, BOD dan LAS yang terdapat dalam air buangan proses *laundry* dengan fluks permeat yang tertinggi.

Aufiyah dan Damayanti (2013) melakukan penelitian tentang pengolahan limbah laundry menggunakan membran *silica nanofiltrasi* aliran *cross flow* untuk menurunkan kekeruhan dan fosfat. Berdasarkan penelitian ini diperoleh koefisien rejeksi terbaik dengan nilai 91,33% untuk kekeruhan dan 56,07% untuk fosfat terdapat pada membran 5 g 106,5 NTU untuk kekeruhan dan 4,94 mg/L untuk fosfat.

Massa silika optimum untuk pembuatan membran dalam penelitian Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran *Cross Flow* Untuk Menurunkan Fosfat Dan Amonium adalah 5 g (28,7wt%) dengan variasi volume limbah 100% dengan konsentrasi 3,52 mg/L fosfat atau 140,084 mg/L amonium. Massa optimum ini berdasarkan dari nilai koefisien rejeksi pada membran 5 g (28,7wt%) yang berpengaruh terhadap kualitas permeat yang dihasilkan, sementara itu, nilai fluks yang dihasilkan tidak terlalu besar perbedaannya dengan membran massa silika 8 g (39%wt) (Maharani & Damayanti, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Stefhany, dkk (2013) yaitu fitoremediasi fosfat dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok terhadap limbah cair *laundry* untuk menurunkan kadar TSS dan fosfat menunjukkan efisiensi penurunan yang tinggi untuk fosfat pada waktu penelitian selama 20 hari. Namun untuk parameter TSS hanya terjadi penurunan yang sedikit. Penurunan kadar TSS dan fosfat untuk penelitian terhadap limbah cair *laundry* dengan konsentrasi 100% yaitu sebesar 10,6 % dan 22,5 %.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

METODE PENELITIAN

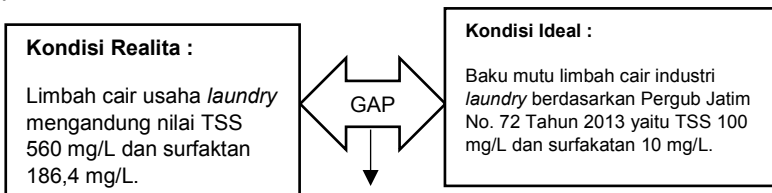
3.1 Umum

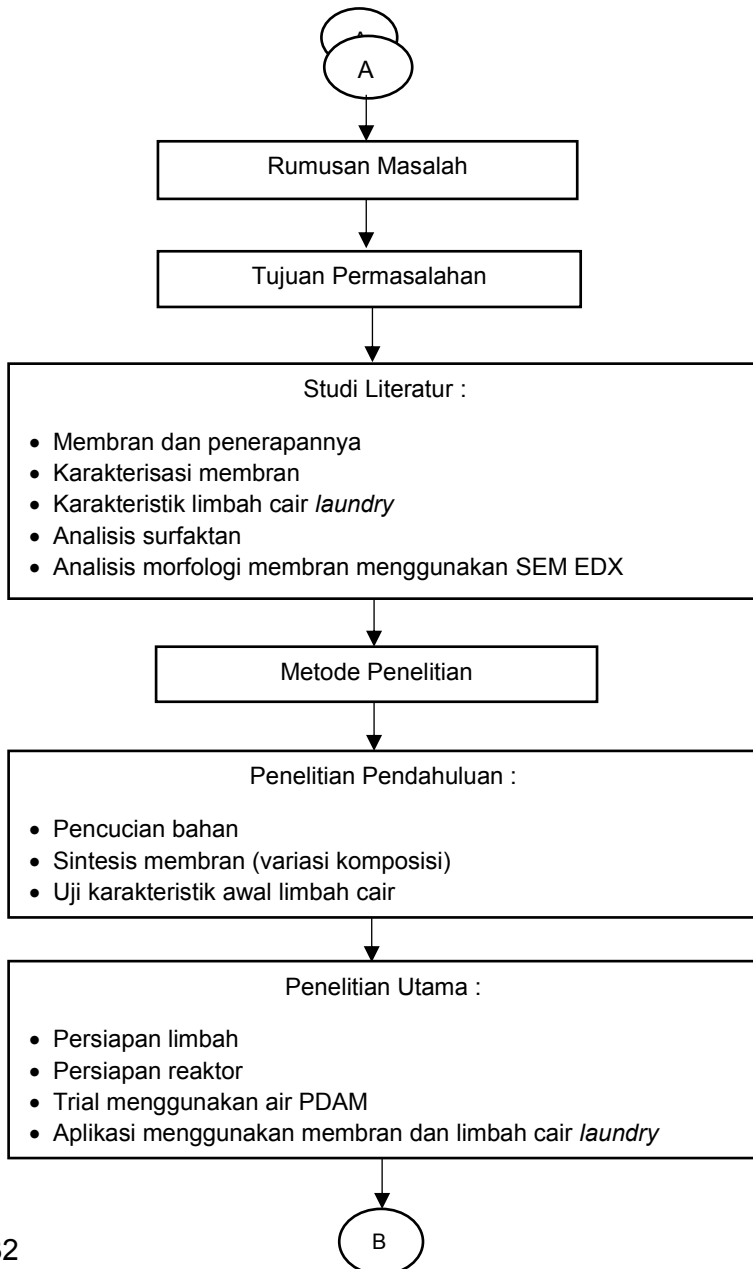
Metode penelitian merupakan rangkaian kegiatan yang menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian. Di dalam metode penelitian terdapat tahapan-tahapan yang sistematis dalam pelaksanaan penelitian mulai dari ide awal sampai dengan pembuatan laporan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan membran yang diperoleh dari sintesis zeolit dan kitosan terhadap penurunan kadar pencemar terutama untuk parameter surfaktan pada limbah cair *laundry*. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah perbandingan komposisi pembentuk membran dan tekanan membran. Sedangkan konsentrasi limbah tidak dilakukan variasi.

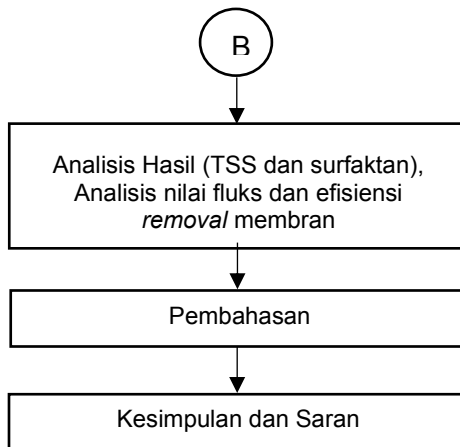
Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan reaktor aliran *cross flow* sehingga didapatkan aliran yang kontinyu dengan tekanan yang cukup untuk membuat air limbah melewati membran. Untuk menganalisis morfologi membran menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM EDX). Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah surfaktan dari air limbah *laundry*.

1.2 Kerangka Alur Penelitian

Kerangka alur penelitian berisi langkah-langkah atau kerangka alur yang akan dilakukan dalam penelitian sehingga penelitian dapat dilakukan secara sistematis, berjalan dengan baik dan dapat meminimisasi kesalahan yang terjadi. Selain itu, adanya kerangka alur penelitian dapat mempermudah pelaksanaan penelitian. Kerangka alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

1.3 Variasi Penelitian

Pada penelitian ini variasi yang digunakan yaitu perbandingan komposisi antara zeolit dan kitosan serta variasi tekanan. Perbandingan komposisi zeolit dan kitosan yang digunakan yaitu 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2). Sedangkan tekanan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1,5 bar dan 2 bar. Konsentrasi limbah yang digunakan yaitu limbah cair *laundry* 100% tanpa penambahan air suling atau aquades. Untuk kecepatan pengadukan dan suhu pengeringan tidak dilakukan variasi perlakuan. Kecepatan pengadukan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 600 rpm menggunakan magnetic stirrer, sedangkan suhu pengeringan yang digunakan adalah 100^o C dalam oven. Untuk lebih jelasnya, variasi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Variasi Penelitian

No.	Perbandingan Komposisi Massa (total massa : 15 g) ⁽¹⁾		Tekanan (bar) ⁽²⁾	Konsentrasi Limbah Cair <i>Laundry</i> (%)
	Zeolit (g)	Kitosan (g)		
1	Zeolit : Kitosan = 1 : 1 ⁽³⁾			
	7,5	7,5	1,5	100
	7,5	7,5	2	100
2	Zeolit : Kitosan = 2 : 1			
	10	5	1,5	100
	10	5	2	100
3	Zeolit : Kitosan = 1 : 2			
	5	10	1,5	100
	5	10	2	100

Sumber : (1) Sari dan Damayanti, 2014

(2) Afriyani dkk, 2013

(3) Ronaldo, 2008

1.4 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah sintesis membran hasil modifikasi komposisi antara zeolit dan kitosan. Pada penelitian ini dilakukan 2 kali pengulangan untuk menentukan komposisi dan tekanan yang terbaik untuk menghasilkan membran dengan nilai fluks terbaik.

1.4.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk zeolit dan kitosan, asam asetat 5 %, larutan Iso Propanol Alkohol (IPA), larutan NH_4Cl 3,5 %, larutan NaOH 1 %, *Poly Vynil Alcohol* (PVA) 20 % (BM=72.000), dan *Poly Ethilene Glikol* (PEG) (BM=10.000). Alat-alat yang digunakan adalah ayakan mesh, *magnetic stirrer*, pH meter, neraca analitik, oven, beaker glass, pemanas listrik, water bath, gelas ukur, pipet volumetrik, erlenmeyer, loyang dan cawan pertidis (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

1.4.2 Pembuatan larutan Bahan

Pembuatan larutan asam asetat 5 % dilakukan dengan mengencerkan larutan asam asetat 20 % (v/v). Pengenceran dilakukan dengan menambahkan aquades 400 mL ke dalam 100 mL asam asetat hingga volume 500 mL (v/v). Pembuatan larutan NaOH 1% dilakukan dengan melarutkan sebanyak 1 g kristal NaOH ke dalam 100 mL aquades, kemudian diaduk hingga terbentuk larutan homogen. Pembuatan larutan NH_4Cl 3,5 % dilakukan dengan melarutkan sebanyak 3,5 g serbuk NH_4Cl ke dalam 100 mL aquades, kemudian diaduk hingga terbentuk larutan homogen.

Pembuatan larutan zeolit dilakukan dengan melarutkan zeolit (sesuai massa yang digunakan) ke dalam 35 mL IPA, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 600 rpm dan ditambahkan 3,5 mL larutan NH_4Cl . Pembuatan larutan kitosan 5 % (sesuai perbandingan komposisi massa) dilakukan dengan melarutkan sebanyak 5 g kitosan ke dalam 100 mL asam asetat 5 % (w/v), kemudian diaduk selama 1 jam secara manual sambil dipanaskan di pemanas listrik atau water bath hingga terbentuk larutan kental jernih coklat kekuningan. Pembuatan larutan *Poly Vynil Alcohol* (PVA) 20 % dilakukan dengan memanaskan 100 mL aquades hingga mendidih, memasukkan kristal PVA sedikit demi sedikit ke dalam aquades yang mendidih, diaduk selama 1 jam secara manual dengan pengaduk kaca di atas pemanas listrik atau *water bath* hingga terbentuk larutan kental bening (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

1.4.3 Sintesis Membran

Pembuatan membran atau sintesis membran campuran zeolit dan kitosan dengan mencampurkan zeolit dan kitosan dengan variasi perbandingan komposisi massa zeolit dan kitosan 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2). Ketika pencampuran, zeolit dan kitosan sudah dalam bentuk larutan. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm. Setelah itu dipanaskan di atas pemanas listrik atau water bath selama 1 jam sambil diaduk secara manual menggunakan pengaduk kaca. Larutan yang telah

homogen kemudian dituangkan ke dalam cetakan (cawan petridis) dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 24 jam hingga diperoleh film membran zeolit dan kitosan. Untuk melepas film membran dari cetakan, diperlukan perendaman dengan menggunakan larutan NaOH 1 % selama 2 jam. Membran yang diperoleh selanjutnya dibilas aquades hingga netral dan kemudian dikeringkan pada suhu ruang (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

1.4.4 Karakterisasi Membran

Karakterisasi membran hasil sintesis zeolit dan kitosan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM EDX). Membran kering dibekukan dengan nitrogen cair kemudian dipatahkan dan ditempelkan pada holder. Selanjutnya dilakukan pemotretan terhadap permukaan membran. Dari SEM EDX diperoleh morfologi membran. Morfologi membran ditemukan pada perbesaran tertentu. Analisis morfologi dilakukan sebanyak dua kali yaitu membran yang memiliki kinerja terbaik pada saat sebelum dan sesudah digunakan untuk melakukan filtrasi limbah cair *laundry*. Sedangkan nilai fluks dan nilai rejeksi dari membran dilakukan dengan menggunakan perhitungan sesuai rumus yang telah ada.

1.5 Penelitian Utama

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan dengan memvariasikan komposisi dan ketebalan membran, dilanjutkan penelitian utama. Penelitian utama yang dilakukan meliputi persiapan limbah cair *laundry* dan aplikasi filtrasi dengan menggunakan membran hasil sintesis zeolit dan kitosan.

3.5.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran sintesis zeolit dan kitosan, larutan HCl dan larutan NaOH. Alat-alat yang digunakan adalah reaktor *cross flow*, pompa, bak penampung *feed*, *retentate* dan *permeate* (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

3.5.2 Pembuatan larutan Bahan

Pembuatan larutan NaOH 2 N dilakukan dengan melarutkan sebanyak 8 g NaOH ke dalam 100 mL aquades, kemudian diaduk hingga terbentuk larutan homogen yang jernih. Pembuatan larutan HCl 2 N dilakukan dengan mengencerkan larutan HCl 36%. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan aquades pada 8,5 mL hingga volume 100 mL (v/v) (Sari dan Damayanti, 2015).

3.5.3 Persiapan air limbah

Limbah yang digunakan adalah limbah cair *laundry* yang diperoleh dari usaha *laundry* skala rumahan di Kelurahan Keputih, Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan pada limbah cair yang keluar dari mesin pencuci sebelum bercampur dengan air lain di selokan. Wadah yang digunakan untuk pengambilan sampel yaitu wadah tertutup untuk mencegah kontak dengan udara luar dan diberi label sebelum dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis. Kemudian sampel disimpan pada suhu 4° C dalam wadah tertutup sampai dilakukan percobaan untuk mencegah terjadinya proses biodegradasi. Sampel limbah cair ini dianalisis kadar pencemarnya terutama parameter TSS dan surfaktan baik sebelum perlakuan (*feed*) maupun setelah perlakuan (*permeat*) (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

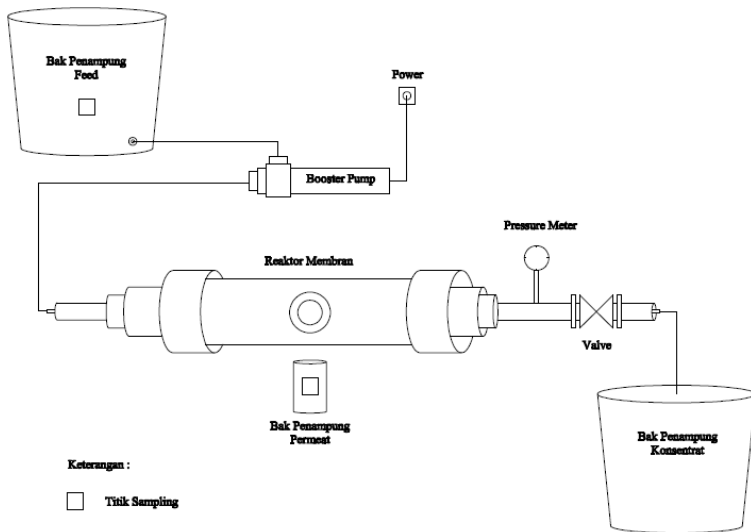
3.5.4 Aplikasi Membran pada reaktor *CrossFlow*

Langkah-langkah dalam aplikasi reaktor membran adalah sebagai berikut (Sari dan Damayanti, 2015) :

- a. Membran hasil sintesis zeolit dan membran dicetak dengan diameter ± 5 cm menggunakan cawan.
- b. Membran yang telah terbentuk kemudian diuji pada reaktor *cross flow*.
- c. Membran diletakkan di dalam lubang tempat keluarnya permeat. Peletakan membran harus dipastikan menutupi lubang dengan rapat untuk mencegah terjadinya kebocoran. Peletakan membran pada reaktor dengan susunan karet-kasa kasar-kasa halus-membran-kasa halus-kasa kasar-penutup.

- d. Limbah cair di tampung pada bak penampung (*feed*) berkapasitas 10 L yang kemudian akan dipompa dengan menggunakan *booster pump* menuju reaktor membran. Agar pori-pori membran bekerja efektif, aquades dialirkan pada membran selama ± 1 jam. Kemudian air limbah dialirkan ke dalam reaktor dengan tekanan 1,5 dan 2 bar (Gustian, 2006).
- e. Pada awal running, *valve* dan *by pass* dibuka dan ditutup secara perlahan untuk memperbesar atau mengurangi tekanan hingga mencapai 1,5 bar dan 2 bar. Setelah mencapai tekanan 1,5 bar dan 2 bar permeat ditampung pada tabung atau bak untuk selanjutnya dianalisis kadar TSS dan surfaktan. Air yang keluar dari *by pass* akan ditampung di bak penampung sebagai *retentate* atau konsentrat. Pengujian membran dilakukan 60 menit (1 jam) dengan setiap variasi dan permeat diambil setiap 10 menit.
- f. Diukur volume permeat yang dihasilkan dan dihitung nilai fluks membran.
- g. Permeat yang dihasilkan dianalisis untuk parameter TSS dan surfaktan kemudian dihitung efisiensi *removal*.

Bagian dari reaktor membran dengan aliran *cross flow* ini adalah manometer, *valve*, *by pass*, dan selang. Fungsi dari manometer adalah untuk menunjukkan tekanan yang berjalan di dalam reaktor. *Valve* dan *by pass* digunakan untuk membuka tutup aliran sehingga tekanan dalam reaktor dapat diatur. Selang berfungsi sebagai media pengalir dari bak pengumpul awal menuju bak penampung. Desain reaktor membran aliran *cross flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Desain Reaktor Membran

Pompa yang digunakan untuk pengujian membran pada reaktor *cross flow* menggunakan pompa sentrifugal jenis pompa booster yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pompa booster digunakan untuk dapat meningkatkan tekanan sehingga dapat cukup kuat untuk mendorong air melewati membran dimana membran dioperasikan pada tekanan 1,5 dan 2 bar (Sari dan Damayanti, 2014). Pemilihan pompa yang sesuai diperlukan agar operasi membran dapat berjalan. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah sebagai berikut :

Jenis pompa : Booster pump
 Open flow : 140 L/jam
 Work flow : 96 L/jam
 Voltase : 24 V DC
 Ampere : 1,6 ampere @ 70 psi
 Work Pressure : 130 psi



Gambar 3.3 Pompa Booster (Sari dan Damayanti, 2014)

Untuk mengkonversi satuan tekanan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Konversi Satuan Tekanan

	Bar	<i>Standard atmosphere</i>	<i>Pounds per square inch</i>
	(bar)	(atm)	(psi)
1 bar	$= 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	0,98692	14,50377
1 atm	1,01325	$= P_0$	14,69595
1 psi	$6,8948 \times 10^{-2}$	$6,8046 \times 10^{-2}$	$= 1 \text{ lbf/m}^2$

Sumber : Fathoni, 2014

1.6 Analisis Sampel dan Hasil

Analisis sampel sebelum perlakuan (sampel awal) atau *feed* dan sesudah perlakuan (setelah dilakukan filtrasi membran) atau permeat yang dilakukan pengujian yaitu parameter TSS dan surfaktan. Analisis TSS menggunakan metode analisis gravimetric dengan mengacu pada SNI 06-6989.3-2004. Untuk analisis surfaktan atau deterjen menggunakan metode MBAS (APHA, 2005). Metode analisis ini untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1, dan Lampiran 2.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pencucian Zeolit

Zeolit yang akan digunakan untuk bahan pembuatan membran harus dilakukan pencucian terlebih dahulu. Pencucian dilakukan secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005).

Selain untuk membersihkan zeolit dari zat pengotor, pencucian juga bertujuan untuk melakukan aktivasi zeolit. Zeolit yang digunakan dalam pembuatan membran ini berupa serbuk. Sebelum dilakukan pencucian, zeolit diayak menggunakan saringan (mesh) dan diambil dengan ukuran yang seragam yaitu 100 mesh. Selanjutnya dilarutkan 250 g zeolit ke dalam 350 mL HCl 1 N selama 24 jam. Kemudian setelah direndam dalam HCl, zeolit dibilas menggunakan air PDAM dan aquades hingga larutan menjadi netral (pH mendekati 7). Pencucian ini dilakukan sebanyak 6-7 kali untuk membuat zeolit menjadi netral.

Zeolit selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 24 jam untuk menghilangkan cairan pada zeolit. Setelah kering, zeolit kemudian dihaluskan kembali menggunakan mortal dan siap untuk digunakan sebagai bahan pembuatan membran. Untuk membuat membran dengan perbandingan komposisi massa antara zeolit dan kitosan 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2) dengan massa total 15 g, maka zeolit ditimbang dengan variasi 7,5 g, 10 g dan 5 g. Zeolit yang telah dicuci menggunakan HCl dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Zeolit yang Telah Dicuci

4.2 Pembuatan Larutan dan Pencetakan Membran

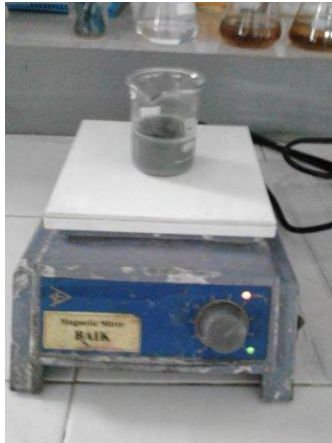
Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan membran yaitu zeolit dan kitosan dengan perbandingan massa antara zeolit dan kitosan yaitu 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2). Zeolit dan kitosan yang digunakan semula berupa serbuk. Sedangkan zat aditif yang digunakan yaitu *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) dan *Poly Ethylen Glycol* (PEG).

4.2.1 Pembuatan Larutan Zeolit

Pembuatan larutan zeolit diawali dengan menimbang zeolit yang sudah dicuci sesuai perbandingan massa untuk pembuatan membran yaitu 7,5 g, 10 g dan 5 g. Zeolit yang digunakan dalam pembuatan membran awalnya dalam bentuk serbuk. Kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan ditambahkan Iso Propanol Alkohol (IPA) sebanyak 35 mL dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm untuk menghomogenkan larutan. Setelah dilakukan pengadukan, zeolit ini sudah berubah menjadi larutan zeolit.

Penambahan IPA dalam pembuatan membran berfungsi untuk melarutkan zeolit. Selanjutnya larutan zeolit tersebut ditambahkan dengan larutan NH_4Cl sebanyak 3,5 mL. Penambahan larutan NH_4Cl ini berfungsi sebagai larutan pencuci untuk menghilangkan pengotor yang mungkin terdapat dalam larutan zeolit dan mencegah tumbuhnya

mikroorganisme pada membran yang akan dibuat. Setelah itu larutan zeolit diaduk lagi dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan diendapkan. Endapan zeolit yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk pencampuran dalam pembuatan membran. Pembuatan larutan zeolit dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Pembuatan Larutan Zeolit

4.2.2 Pembuatan Larutan Kitosan

Pembuatan larutan kitosan diawali dengan menimbang serbuk kitosan sesuai dengan perbandingan massa untuk pembuatan membran yaitu 7,5 g, 5 g dan 10 g. Selanjutnya serbuk kitosan dimasukkan dalam *beaker glass* dan ditambahkan dengan larutan asam asetat (CH_3COOH) 5% sebanyak 100 mL untuk melarutkan kitosan tersebut. Setelah ditambahkan asam asetat kemudian dipanaskan di atas pemanas listrik atau menggunakan *water bath* sambil diaduk secara manual dengan pengaduk kaca selama 10-15 menit hingga kitosan larut sempurna menjadi larutan yang homogen berwarna kening kecoklatan. Larutan kitosan inilah yang selanjutnya digunakan untuk pencampuran dalam pembuatan membran. Gambar 4.3 menunjukkan proses pembuatan larutan kitosan.



Gambar 4. 3 Pembuatan Larutan Kitosan

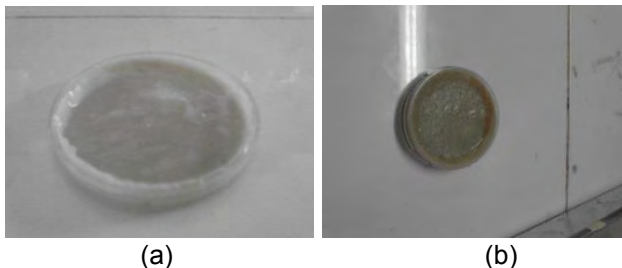
4.2.3 Pencetakan Membran

Membran yang dibuat yaitu membran dengan komposisi utama zeolit dan kitosan dengan perbandingan massa antara zeolit dan kitosan yaitu 1:1; 2:1 dan 1:2 (Z1C1; Z2C1 dan Z1C2). Untuk membuat atau mencetak membran, langkah pertama yang dilakukan yaitu menuangkan endapan zeolit ke dalam larutan kitosan sesuai perbandingan komposisi massa dan diaduk secara manual dengan pengaduk kaca kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 600 rpm selama 10 menit untuk menghomogenkan kedua larutan ini. Setelah dicampur kemudian dipanaskan di atas pemanas listrik. Pemanasan campuran ini dilakukan di dalam panci atau *beaker glass* yang berukuran lebih besar untuk mencegah larutan menjadi gosong atau terlalu kering. Selain dipanaskan di atas pemanas listrik, pemanasan dapat dilakukan dalam *water bath* pada suhu maksimal yaitu 95 °C. Pemanasan larutan ini dilakukan selama 1 jam sambil dilakukan pengadukan secara manual menggunakan pengaduk kaca.

Di awal pemanasan, larutan campuran yang telah homogen ditambahkan dengan zat aditif yakni larutan *Poly*

Vinyl Alcohol (PVA) dan *Poly Ethylen Glycol* (PEG) masing-masing sebanyak 30 mL. Penambahan PVA berfungsi untuk memperkuat membran atau sebagai zat perekat (Nisa, 2005). Sedangkan penambahan PEG berfungsi sebagai zat aditif yang dapat membentuk pori-pori membran yang lebih seragam. Menurut Aprilia, *et al.* (2012), bahan pendukung campuran PVA dan PEG dengan menggunakan variasi yang tepat dapat membentuk susunan pori-pori yang rapat. Menurut Farha dan Kusumawati (2012), penambahan PVA dalam jumlah tertentu dapat memperbaiki struktur dari membran itu sendiri, meningkatkan kekuatan membran serta mampu menstabilkan membran yang dibentuknya, sedangkan penggunaan PEG digunakan untuk pembentukan pori-pori membran atau dikenal sebagai porogen.

Setelah selesai pemanasan, larutan membran kemudian didiamkan sebentar agar lebih dingin dan dituangkan dalam cawan petridis kecil dengan diameter 5 cm dengan ketebalan 1,19 mm (Lihat di Lampiran 8). Selanjutnya dioven pada suhu 100° C selama 24 jam untuk menghilangkan atau mengurangi kadar air yang terdapat pada larutan. Untuk melepas membran dari cetakan, diperlukan perendaman dengan menggunakan NaOH 1% selama 2 jam untuk menghilangkan sisa asam pada membran. Membran yang diperoleh selanjutnya dibilas dengan aquades hingga netral dan dikeringkan pada suhu ruang dan siap untuk digunakan dalam reaktor membran. Proses pencetakan membran dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Proses Pencetakan Membran (a). Sebelum Dipanaskan (b). Setelah Dipanaskan

4.3 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair *Laundry*

Karakteristik awal limbah cair *laundry* sebelum dilakukan filtrasi membran dengan menggunakan membran hasil sintesis zeolit dan kitosan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai TSS, COD, BOD dan Surfaktan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Sedangkan nilai fosfat dan pH sudah sesuai dengan baku mutu. Konsentrasi TSS dan surfaktan pada limbah ini masing-masing sebesar 560 mg/L dan 186,4 mg/L. Dalam penelitian ini, baku mutu yang ditetapkan digunakan sebagai kontrol, penelitian ini lebih ditekankan pada efisiensi pengolahan limbah cair *laundry* atau *removal* menggunakan filtrasi membran. Konsentrasi limbah awal ini nantinya digunakan dalam perhitungan efisiensi *removal* atau nilai rejeksi membran.

Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Usaha *Laundry*

Parameter	Nilai	Satuan	Baku Mutu*
TSS	560	mg/L	100
pH	6,5	-	6,0 - 9,0
COD	828	mg/L	250
BOD	480	mg/L	100
Surfaktan	186,4	mg/L	10
Fosfat	4,25	mg/L	10

*Baku mutu air limbah usaha *laundry* (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)

4.4 Aplikasi Filter Membran

Aplikasi filter membran dilakukan pada reaktor *cross flow* bertujuan untuk mengetahui kinerja membran terkait nilai fluks dan nilai rejeksi atau efisiensi *removal* pada setiap variasi perlakuan. Aliran *cross flow* dipilih untuk mencegah *fouling* terlalu cepat pada permukaan membran sehingga dapat meningkatkan umur pemakaian membran. Untuk mencegah kebocoran, penempatan membran dilengkapi dengan penggunaan kasa aluminium dan karet dengan posisi karet-kasa kasar-kasa halus-membran-kasa halus-kasa kasar-penutup (Gambar 4.5).

Pengujian membran dilakukan untuk setiap variasi dengan pengulangan filtrasi sebanyak 2 kali. Waktu pengujian dilakukan selama 60 menit dan pengambilan sampel *permeate* dilakukan setiap 10 menit. *Permeate* hasil filtrasi diambil kemudian diukur volume yang diperoleh dan dilakukan analisis terhadap nilai TSS dan surfaktan. Volume yang diperoleh setiap pengambilan sampel digunakan untuk menghitung nilai fluks membran, sedangkan analisis TSS dan surfaktan digunakan untuk menghitung nilai rejeksi atau efisiensi *removal* tiap parameter.



Gambar 4. 5 Reaktor Membran



Gambar 4. 6 Pemasangan Membran

Reaktor *cross flow* dirangkai dengan satu pompa *booster*, bak penampung air limbah dan manometer untuk menunjukkan tekanan yang digunakan. Membran yang sudah tercetak dipasang ke dalam reaktor dan disangga menggunakan kasa dan ditutup rapat dengan *water mur* agar tidak bocor. Air limbah ditampung pada bak ukuran 20 liter yang selanjutnya akan dipompa menuju reaktor membran dengan bantuan pompa *booster*. Selanjutnya dilakukan pengaplikasian air PDAM pada membran selama 15 menit, agar pori-pori membran dapat bekerja lebih efektif. Setelah itu *feed* limbah cair *laundry* dialirkan ke dalam reaktor, valve ditutup rapat hingga reaktor terisi penuh.

Manometer dipasang untuk menunjukkan tekanan dalam reaktor *cross flow*. Manometer diletakkan di atas peletakan membran dan ujung valve. *By pass* juga digunakan untuk membuka dan menutup aliran dan mengatur tekanan dalam reaktor. *Permeate* yang dihasilkan ditampung dalam botol kecil. Sedangkan air limbah sebagai *retentate* akan dikembalikan ke bak penampungan air limbah awal.

4.5 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Fluks

Nilai fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas permukaan membran pada waktu tertentu dengan adanya gaya dorong berupa tekanan (Mulder, 1996). Rumus yang digunakan dalam perhitungan fluks adalah :

$$J = \frac{V}{(A \times t)}$$

Diameter membran yang dikenai oleh air limbah pada saat pengoperasian reaktor membran adalah 2,9 cm, sehingga luas (A) yang digunakan dalam perhitungan nilai fluks adalah 0,00066 m². Waktu pengoperasian membran yaitu 60 menit atau 1 jam dengan pengambilan permeat setiap 10 menit, sehingga waktu (t) yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,167 jam. Volume permeat (V) yang didapatkan dari pengoperasian dalam satuan mL, sehingga dalam perhitungan volume dikonversi menjadi liter. Dengan demikian nilai fluks (J) mempunyai satuan L/m².jam.

Nilai fluks membran adalah fungsi dari ukuran pori, porositas dan struktur membran. Nilai fluks mempengaruhi efisiensi pemisahan pada proses membran yang tergantung pada struktur membran seperti distribusi ukuran pori, bentuk pori dan porositas. Nilai fluks untuk variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran dan tekanan membran 1,5 bar ditunjukkan pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 Bar

Waktu (menit)	Z1C1		Z2C1		Z1C2	
	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)
10	4,0	36,35	3,8	34,54	3,3	29,99
20	2,8	25,45	2,4	21,81	1,7	15,45
30	2,0	18,18	2,1	19,09	1,3	11,81
40	1,8	16,36	1,8	16,36	1,2	10,91
50	1,5	13,63	1,6	14,54	1,0	9,09
60	1,0	9,09	1,3	11,81	0,9	8,18
Jumah	13,1	119,06	13	118,15	9,4	85,43
Rata-rata	2,2	19,84	2,17	19,69	1,57	14,24

Keterangan :

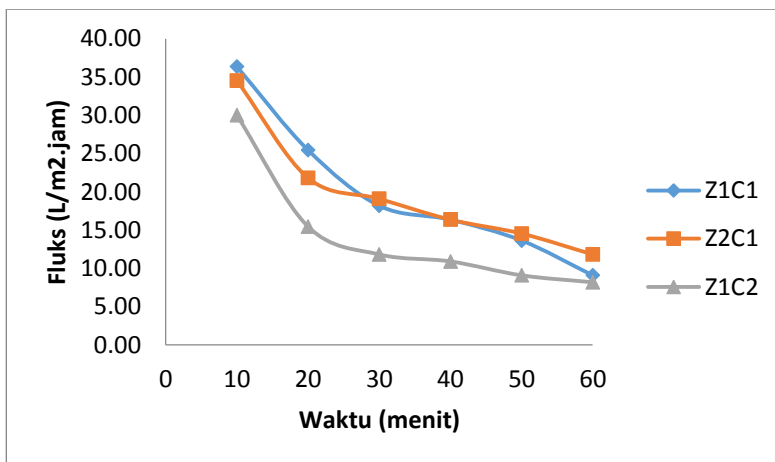
Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Berdasarkan pada Tabel 4.2, semakin lama waktu pengoperasian membran maka semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan. Nilai fluks berbanding lurus dengan volume permeat yang dihasilkan dari filtrasi membran. Semakin sedikit volume permeat yang dihasilkan maka nilai fluks akan semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, semakin banyak permeat yang dihasilkan maka nilai fluks akan semakin besar. Aplikasi membran dari ketiga variasi pada tekanan 1,5 bar menunjukkan penurunan volume permeat yang dihasilkan sehingga nilai fluks juga

menurun. Nilai fluks terendah dihasilkan oleh membran Z2C1 di menit ke 60 yaitu sebesar 8,18 L/m².jam (cara perhitungan nilai fluks membran dapat dilihat pada Lampiran 3). Sedangkan nilai fluks tertinggi didapatkan pada membran Z1C1 di menit ke 10 yaitu sebesar 36,35 L/m².jam. Perbedaan nilai fluks yang dihasilkan oleh membran pada tekanan 1,5 bar dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 bar

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Sedangkan nilai fluks pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran dan tekanan membran 2 bar ditunjukkan pada Tabel 4. 3.

Tabel 4. 3 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 Bar

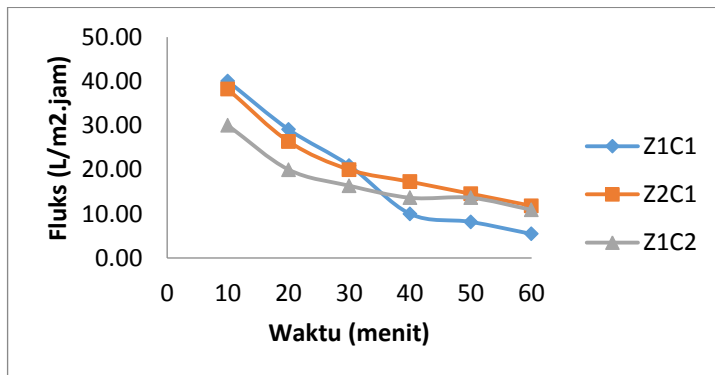
Waktu (menit)	Z1C1		Z2C1		Z1C2	
	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)	Volume (mL)	Fluks (L/m ² .jam)
10	4,4	39,99	4,2	38,17	3,3	29,99
20	3,2	29,08	2,9	26,36	2,2	19,99
30	2,3	20,90	2,2	19,99	1,8	16,36
40	1,1	10,00	1,9	17,27	1,5	13,63
50	0,9	8,18	1,6	14,54	1,5	13,63
60	0,6	5,45	1,3	11,81	1,2	10,91
Jumlah	12,5	113,60	14,1	128,15	11,5	104,52
Rata- rata	2,1	18,93	2,35	21,36	1,92	17,42

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2



Gambar 4. 8 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 bar

Keterangan :

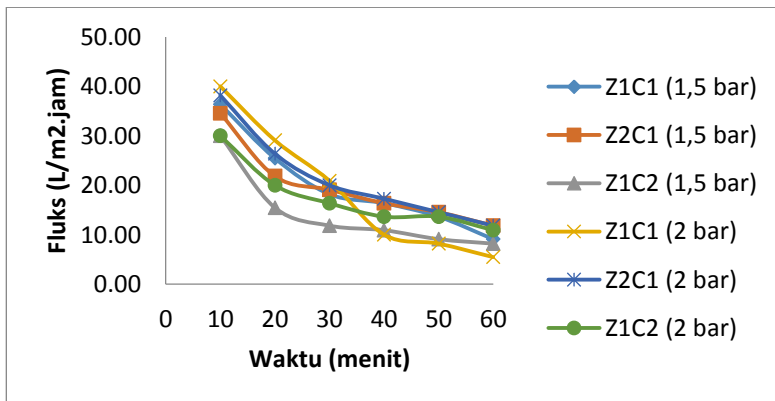
Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Sama dengan nilai fluks membran pada tekanan 1,5 bar, berdasarkan pada Tabel 4.3, semakin lama waktu pengoperasian membran maka semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan. Aplikasi membran dari ketiga variasi pada tekanan 2 bar menunjukkan penurunan volume permeat yang dihasilkan sehingga nilai fluks juga menurun. Nilai fluks terendah dihasilkan oleh membran Z1C1 di menit ke 60 yaitu sebesar 5,45 L/m².jam. Nilai fluks tertinggi didapatkan pada membran Z1C1 pada di menit ke 10 yaitu sebesar 39,99 L/m².jam. Perbedaan nilai fluks yang dihasilkan oleh membran pada tekanan 2 bar dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Untuk mengetahui perbedaan nilai fluks yang dihasilkan dari ketiga variasi pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar, maka kurva nilai fluks digabung dalam satu data. Dengan demikian hasil nilai fluks yang dihasilkan dapat dibandingkan. Perbedaan nilai fluks membran yang dihasilkan dari ketiga variasi pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Perbedaan Nilai Fluks Membran

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Nilai fluks membran yang dihasilkan dari pengoperasian rata-rata masuk pada kisaran nilai fluks untuk jenis membran ultrafiltrasi, yakni 10-50 L/m².jam (Mulder, 1996). Membran dengan tekanan 2 bar cenderung menghasilkan volume permeat dan nilai fluks lebih besar daripada membran dengan tekanan 1,5 bar. Dari hasil tersebut diperoleh volume dan nilai fluks tertinggi yaitu membran dengan variasi Z2C1 tekanan 2 bar. Rata-rata volume dan nilai rejeksi yang dihasilkan oleh membran Perb. 2:1 tekanan 2 bar yaitu 2,35 mL dan 21,36 L/m².jam.

Berdasarkan penelitian Ciabatti *et al.*(2009) serta Sari dan Damayanti (2014), nilai fluks akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan terjadinya *fouling* pada membran yang disebabkan oleh adanya adsorpsi polutan limbah ke dalam membran, sehingga partikel-partikel terakumulasi dan membentuk suatu lapisan pada permukaan dan pori dalam membran yang akan menyebabkan menurunnya fluks membran (Nasir dkk., 2013). Tingginya konsentrasi pada air umpan menyebabkan percepatan pembentukan *fouling* pada permukaan membran. Semakin lama aplikasi filtrasi, *cake* yang terbentuk akan semakin banyak sehingga nilai fluks akan terus menurun.

4.6 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi TSS

Penentuan nilai TSS berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah dan penentuan efisiensi unit pengolahan air. TSS yang berlebihan dapat menghalangi masuknya sinar matahari kedalam lapisan air sehingga mengganggu proses fotosintesis, sehingga perlu adanya nilai batas TSS dalam pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air

(Rahmawati dan Azizah, 2005). Pengukuran kadar TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri (APHA, 2005).

Konsentrasi TSS awal limbah cair *laundry* sebelum dilakukan filtrasi adalah 560 mg/L. Konsentrasi awal ini nantinya digunakan untuk perhitungan nilai rejeksi TSS tiap variasi membran. Tabel 4.4 menunjukkan konsentrasi dan efisiensi *removal* TSS pada tiap variasi membran. Perhitungan efisiensi *removal* TSS dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4. 4 Kadar TSS dan Efisiensi *Removal* TSS

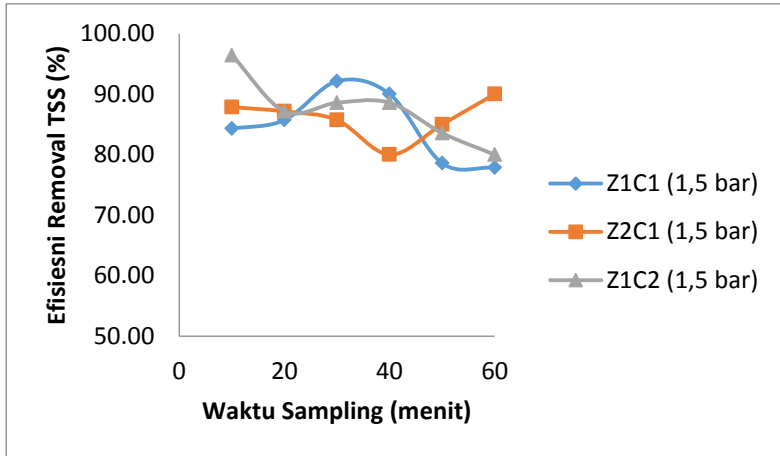
Variasi Membran	Waktu Sampling (menit)	Konsentrasi TSS (mg/L)		Efisiensi <i>Removal</i> TSS (%)	
		P : 1,5 bar	P : 2 bar	P : 1,5 bar	P : 2 bar
Z1C1	10	88	120	84,29	78,57
	20	80	128	85,71	77,14
	30	44	144	92,14	74,29
	40	56	80	90,00	85,71
	50	120	92	78,57	83,57
	60	124	76	77,86	86,43
Z2C1	10	68	72	87,86	87,14
	20	72	52	87,14	90,71
	30	80	156	85,71	72,14
	40	112	140	80,00	75,00
	50	84	128	85,00	77,14
	60	56	140	90,00	75,00
Z1C2	10	20	140	96,43	75,00
	20	72	124	87,14	77,86
	30	64	164	88,57	70,71
	40	64	148	88,57	73,57
	50	92	108	83,57	80,71
	60	112	100	80,00	82,14

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2



Gambar 4. 10 Efisiensi *Removal* TSS pada Tekanan 1,5 bar

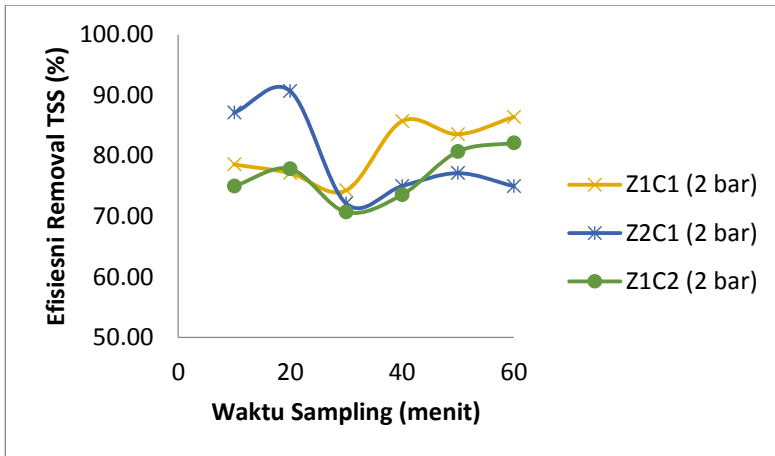
Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Gambar 4.10 menunjukkan efisiensi *removal* TSS pada tekanan 1,5 bar untuk ketiga variasi. Dari ketiga variasi tersebut menunjukkan efisiensi *removal* TSS pada tekanan 1,5 bar cenderung menurun seiring bertambahnya waktu aplikasi membran. Namun pada membran Z1C1 di waktu pertengahan dan Z2C1 di akhir waktu mengalami peningkatan.



Gambar 4. 11 Efisiensi *Removal* TSS pada Tekanan 2 bar

Keterangan :

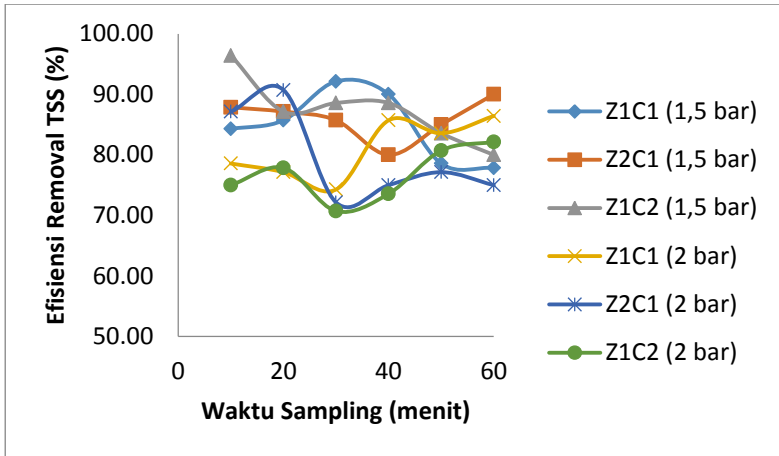
Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Gambar 4.11 menunjukkan efisiensi *removal* TSS pada tekanan 2 bar untuk ketiga variasi. Dari ketiga variasi tersebut menunjukkan efisiensi *removal* TSS pada tekanan 2 bar cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu aplikasi membran. Namun pada membran Z2C1 di mengalami fluktuasi efisiensi *removal*.

Efisiensi *removal* TSS akan cenderung naik seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan terjadinya *fouling* membran yang mengakibatkan daya selektifitas terhadap partikel terlarut naik karena pengecilan pori membran, semakin lama waktu pengoperasian maka akan semakin banyak polutan yang mengisi dan terjebak dalam pori membran yang mengakibatkan pori membran semakin mengecil sehingga polutan akan lebih sukar untuk melewati pori-pori membran (Wahyuni dan Damayanti, 2015). Perbandingan efisiensi *removal* TSS pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 12 Efisiensi *Removal* TSS pada Tekanan 1,5 dan 2 bar

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

4.7 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi Surfaktan

Analisis surfaktan dilakukan dengan menggunakan metode MBAS (*Methylen Blue Active Surfactant*) yakni menambahkan zat metilen biru yang akan berikatan dengan surfaktan dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis (APHA, 2005). Konsentrasi yang terbaca adalah kadar surfaktan anion pada sampel limbah yang berikatan dengan metilen biru.

Langkah pertama dalam analisis surfaktan adalah membuat kurva kalibrasi. Volume sampel yang digunakan adalah 25 mL larutan standard deterjen atau Natrium Lauril Sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$). Konsentrasi yang digunakan dalam pembuatan kurva standard ini adalah 0; 0,4; 0,8; 1,2; dan 1,6 mg/L yang dihasilkan dari pengenceran larutan stok deterjen 10 mg/L.

Sampel kemudian ditambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein (PP). Larutan PP ini berfungsi sebagai indikator perubahan warna jika ditambahkan dengan larutan basa. Kemudian ditambahkan larutan NaOH 1 N sampai sampel menjadi basa ditandai dengan perubahan warna menjadi merah muda. Setelah itu ditambahkan larutan H_2SO_4 1 N hingga warna merah muda hilang.

Larutan selanjutnya ditambahkan larutan methylene blue sebanyak 15 mL dan dikocok hingga larutan menjadi berwarna biru. Kemudian ditambahkan 10 mL kloroform dan dikocok sekitar 30 detik sambil sekali kali dibuka valve nya untuk mengeluarkan gas yang terbentuk. Setelah itu larutan didiamkan hingga terjadi pemisahan fase, fase lapisan bawah yaitu kloroform dan fase lapisan atas air sampel. Lapisan bawah dikeluarkan melalui valve nya dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL sambil dijaga agar lapisan air tidak terbawa. Penambahan kloroform ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan sampai fase kloroform terlihat lebih jernih.

Fase kloroform kemudian dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer. Panjang gelombang optimum untuk pembacaan sampel pada analisis surfaktan dicari dengan kalibrasi larutan standard surfaktan dan diperoleh panjang gelombang 650 nm. Gambar 4.13 menunjukkan hasil analisis surfaktan sebelum dilakukan pembacaan pada spektrofotometer.



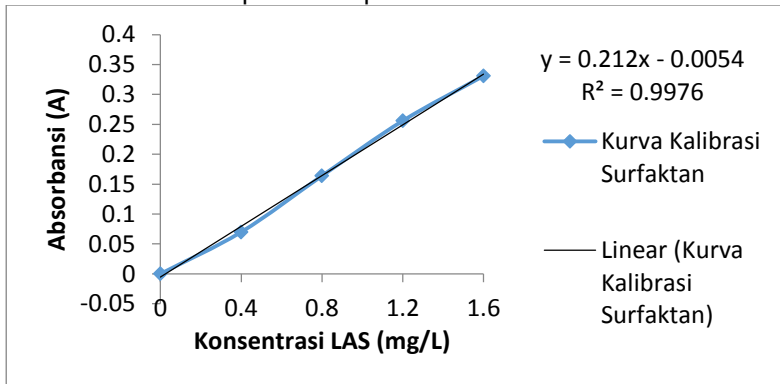
Gambar 4. 13 Sampel untuk Analisis Surfaktan

Konsentrasi larutan standard dan hasil pembacaan absorbansi pada spektrofotometer UV-Vis diasikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Konsentrasi dan Hasil Absorbansi Larutan Standard

No.	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi (A)
1	0	0
2	0,4	0,07
3	0,8	0,164
4	1,2	0,256
5	1,6	0,331

Sehingga grafik atau kurva kalibrasi surfaktan yang terbentuk adalah dapat dilihat pada Gambar. 4.14.



Gambar 4. 14 Kurva Kalibrasi Surfaktan

Pada Gambar 4.14 tersebut terlihat bahwa rumus kalibrasi surfaktan yang terbentuk adalah :

$$y = 0,212x - 0,0054$$

Dimana :

y = nilai absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer (A)

x = konsentrasi surfaktan yang terkandung dalam sampel (mg/L)

Berdasarkan perhitungan, konsentrasi surfaktan dari analisis sebelum perlakuan pengolahan limbah cair *laundry* menggunakan filtrasi membran adalah 186,4 mg/L. Konsentrasi ini melebihi baku mutu yang ditetapkan dimana baku mutu untuk

surfaktan limbah cair *laundry* adalah 10 mg/L (Pergub. Jatim No. 72 tahun 2013). Tabel 4.6 menunjukkan hasil analisis surfaktan untuk permeat pada ketiga variasi membran tekanan 1,5 bar dan 2 bar.

Tabel 4. 6 Konsentrasi Permeat dan Efisiensi *Removal* Surfaktan

Variasi Membran	Waktu Sampling (menit)	Konsentrasi Surfaktan (mg/L)		Efisiensi <i>Removal</i> Surfaktan (%)	
		P : 1,5 bar	P : 2 bar	P : 1,5 bar	P : 2 bar
Z1C1	10	41,604	31,934	77,68	82,87
	20	31,698	27,453	82,99	85,27
	30	22,736	24,151	87,80	87,04
	40	19,670	23,208	89,45	87,55
	50	16,604	21,792	91,09	88,31
	60	15,896	18,726	91,47	89,95
Z2C1	10	13,774	18,726	92,61	89,95
	20	10,236	14,717	94,51	92,10
	30	10,000	14,245	94,64	92,36
	40	7,406	9,528	96,03	94,89
	50	4,811	9,057	97,42	95,14
	60	4,575	5,519	97,55	97,04
Z1C2	10	26,038	29,340	86,03	84,26
	20	19,906	16,132	89,32	91,35
	30	12,830	15,425	93,12	91,73
	40	10,472	14,009	94,38	92,48
	50	9,292	11,887	95,01	93,62
	60	4,340	9,292	97,67	95,01

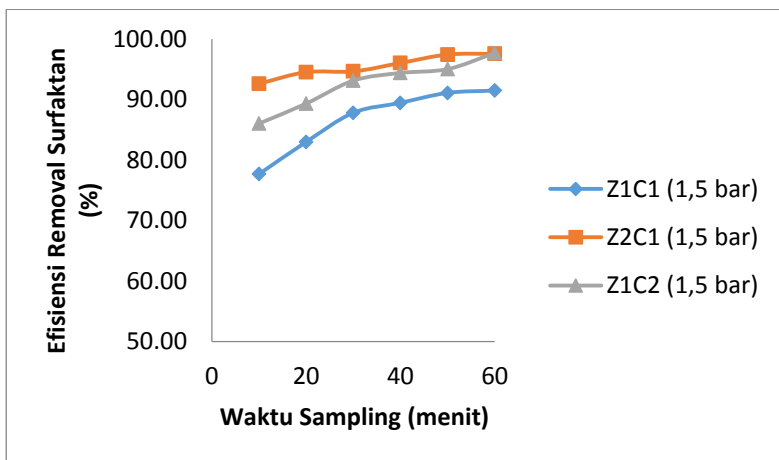
Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Efisiensi *removal* surfaktan tertinggi diperoleh dari membran Z1C2 tekanan 1,5 bar pada menit ke-60 yaitu sebesar 97,67% dengan konsentrasi permeat 4,340 mg/L. Sedangkan efisiensi *removal* surfaktan terendah diperoleh dari membran Z1C1 tekanan 1,5 bar pada menit ke-10 yaitu sebesar 77,68% dengan konsentrasi permeat 41,604 mg/L. Berikut adalah grafik perbandingan nilai rejeksi surfaktan dari ketiga variasi yang dihasilkan pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar (Gambar 4.15; Gambar 4.16 dan Gambar 4.17).



Gambar 4. 15 Efisiensi *Removal* Surfaktan pada Tekanan 1,5 bar

Keterangan :

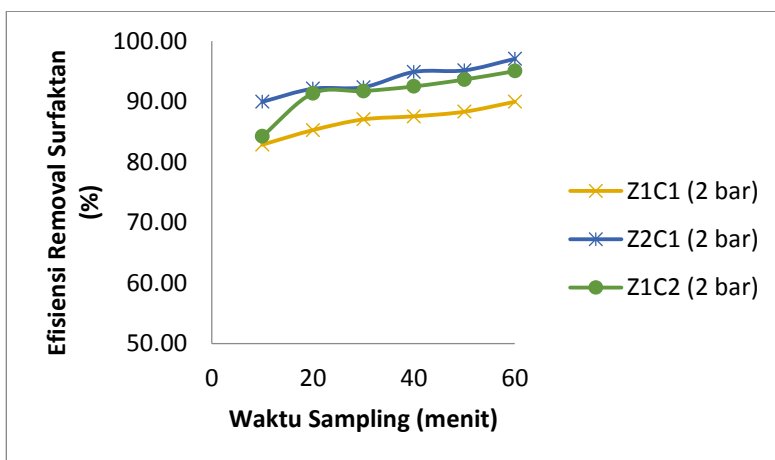
Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Gambar 4.15 menunjukkan efisiensi *removal* surfaktan pada tekanan 1,5 bar. Efisiensi *removal* surfaktan pada tekanan 1,5 bar mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu operasi membran. Hal ini dikarenakan terjadinya *fouling* membran yang mengakibatkan daya selektifitas terhadap partikel terlarut

dan ion naik karena pengecilan pori membran, semakin lama waktu pengoperasian maka akan semakin banyak polutan yang mengisi dan terjebak dalam pori membran yang mengakibatkan pori membran semakin mengecil sehingga polutan akan lebih sukar untuk melewati pori-pori membran (Wahyuni dan Damayanti, 2015). Efisiensi *removal* membran Z2C1 pada tekanan 1,5 bar cenderung lebih tinggi daripada variasi membran yang lain.



Gambar 4. 16 Efisiensi *Removal* Surfaktan pada Tekanan 2 bar

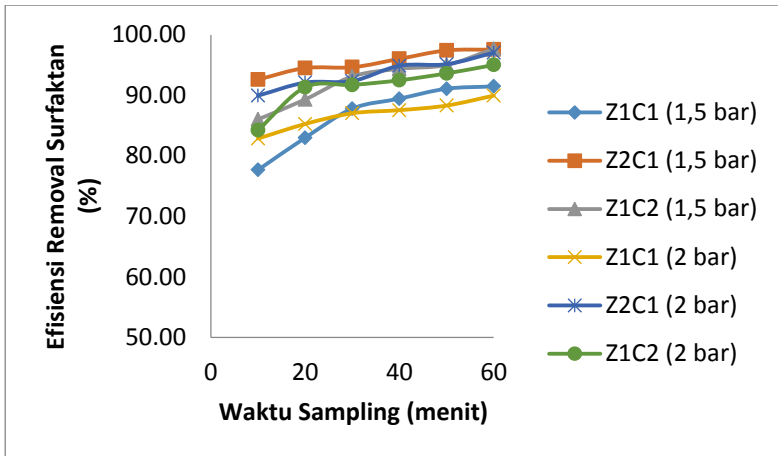
Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Gambar 4.16 menunjukkan efisiensi *removal* surfaktan pada tekanan 2 bar. Efisiensi *removal* surfaktan pada tekanan 2 bar juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu operasi membran. Efisiensi *removal* membran Z2C1 pada tekanan 2 bar cenderung lebih tinggi daripada variasi membran yang lain.



Gambar 4. 17 Efisiensi *Removal* Surfaktan pada Tekanan 1,5 bar dan 2 bar

Keterangan :

Z1C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:1

Z2C1 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1

Z1C2 : membran dengan perbandingan zeolit dan kitosan 1:2

Berdasarkan Gambar 4.17, efisiensi *removal* surfaktan mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu operasi. Namun peningkatan efisiensi *removal* tiap variasi terdapat perbedaan. Efisiensi *removal* membran Z2C1 pada tekanan 1,5 bar cenderung lebih tinggi daripada variasi dan tekanan yang lain..

Ketika permukaan membran sudah terkotori pori membran semakin menyempit dan semakin lama akan membentuk *cake*, ketika sudah terbentuk *cake* maka zat terlarut juga akan tertahan yang menyebabkan koefisien rejeksi naik (Espendiller, dkk, 2010).

4.8 Analisis Morfologi Membran

Analisis morfologi membran menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX). Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui pori-pori

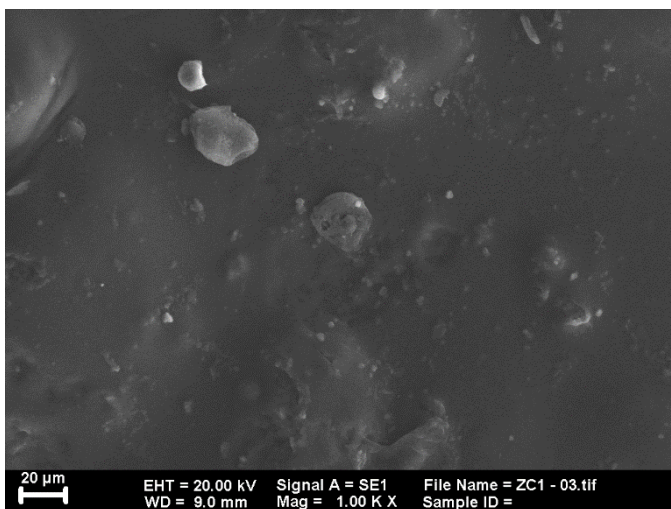
membran sedangkan EDX untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam membran. Analisis SEM dilakukan sebelum dan sesudah membran digunakan untuk proses filtrasi air limbah *laundry*. Membran yang digunakan untuk analisis SEM-EDX yaitu pada membran yang menghasilkan nilai fluks tertinggi yakni membran Z2C1 dimana menghasilkan fluks total sebesar 128,15 L/m².jam.

Langkah awal yang harus dilakukan untuk analisis SEM EDX adalah mengeringkan sampel, jadi membran harus dalam keadaan kering. Setelah itu membran direndam dalam nitrogen cair selama beberapa detik sampai bentuknya mengeras (Muliawati, 2012). Kemudian potongan membran yang akan dipakai dipotong dengan pinset dan dilapisi emas murni (*coating*). Emas murni berfungsi sebagai penghantar. Langkah selanjutnya adalah mengambil gambar permukaan membran dengan perbesaran tertentu. Perbesaran yang diapaki pada penelitian ini adalah perbesaran 1000 kali. Gambar 4.18 menunjukkan alat yang diguabakan dalam analisis SEM EDX.

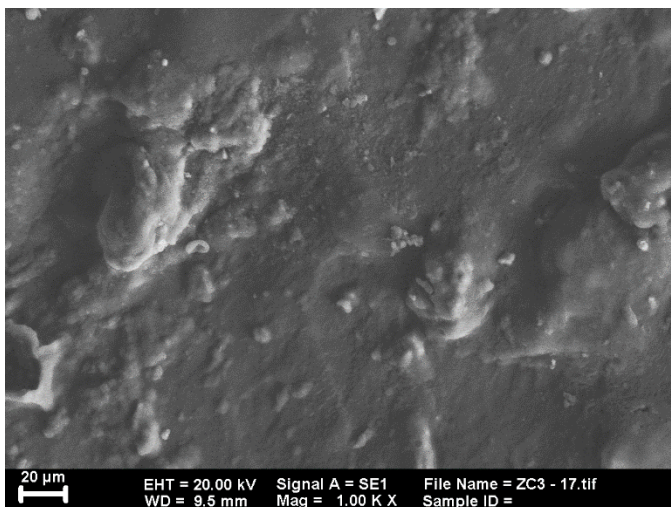


Gambar 4. 18 Alat Analisis SEM EDX

Morfologi penampang membran hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20. Sedangkan unsur-unsur yang terdapat pada membran dapat dilihat pada Lampiran 8.



Gambar 4. 19 Hasil SEM EDX Membran Sebelum Digunakan dengan Perbesaran 1000 kali



Gambar 4. 20 Hasil SEM EDX Membran Setelah Digunakan dengan Perbesaran 1000 kali

Gambar 4.20 terlihat lebih kotor daripada Gambar 4.19. hal ini disebabkan adanya penumpukan material di permukaan membran. Namun hasil analisis SEM EDX tidak terlihat pori-pori membran secara jelas. Hal ini dapat disebabkan karena pembuatan membran yang tidak merata dan perbesaran yang digunakan masih kecil.

Berdasarkan penelitian Sari dan Damayanti (2014), membran terlihat semakin padat disebabkan karena terjadinya *fouling*. *Fouling* menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada membran karena penumpukan material di permukaan membran. *Fouling* pada membran tidak hanya terjadi di permukaan atas atau lapisan luar membran saja yang membentuk *cake* tetapi dimungkinkan juga lapisan dalam membran. Polutan yang masuk ke dalam lapisan dalam tersebut terjadi akibat adanya tekanan yang diberikan selama operasi membran. Tekanan akan mendorong deposisi partikel pada permukaan membran.

LAMPIRAN

1. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) secara Gravimetric Berdasarkan SNI 06-6989.3-2004

Bahan dan Peralatan

- a. Kertas saring (*glass-fiber filter*) dengan beberapa jenis:
 1. Whbaran Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5 μm (*Standar for TSS in water analysis*).
 2. Gelman type A/E, , dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0 μm (*Standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures*).
 3. E-D Scintific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) , dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1 μm (*Recommended for use in TSS/TDS testing in water and wastewater*).
 4. Saringan dengan ukuran pori 0,45 μm .
- b. Air suling
- c. Desikator yang berisi silica gel
- d. Oven, untuk pengoperasian pada suhu 103° C sampai dengan 105° C
- e. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- f. Pengaduk magnetic
- g. Pipet volum
- h. Gelas ukur
- i. Cawan aluminium
- j. Cawan porselen/cawan *gooch*
- k. Penjepit
- l. Kaca arloji
- m. Pompa vacuum

Prosedur Pengujian

- a. Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi sariinngan dengan sedikit air suling.
- b. Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.

- c. Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik.
- d. Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 : Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 : Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian :

A = berat kertas saring + residu kering, mg

B = berat kertas kering, mg

2. Prosedur analisis Surfaktan dengan metode MBAS (*Methylene Blue Active Substance*) (APHA, 2005)

Bahan dan peralatan

- a. Air suling
- b. Larutan methylene blue
- c. Larutan pencuci
- d. Kloroform
- e. Larutan induk deterjen 10 mg/L ASL
- f. Spektrofotometer UV-Vis
- g. Labu ukur 100 mL
- h. Corong pemisah
- i. Pipet ukur 10 mL
- j. Beaker glass 250 mL
- k. Gelas ukur 10 mL dan 25 mL
- l. Erlenmeyer 100 mL

Prosedur pembuatan larutan

- a. Larutan methylene blue : Larutkan 0,05g methylene blue lalu tambahkan 50g $\text{NaH}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ke dalam labu ukur 1000 mL kemudian tambahkan 6,8 mL asam sulfat (p.a), ditepatkan hingga tanda tera.
- b. Larutan Pencuci : Larutkan 50 g Natrium dihidrogen fosfat / $\text{NaH}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kedalam labu ukur 1000 mL, penambahan asam sulfat (p.a). Ditambahkan air suling hingga garis tera.
- c. Larutan induk deterjen 1000 mg/L ASL : Larutkan 0,5 g ASL 100% aktif atau Natrium Lauril Sulfat ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$) dalam labu ukur 500mL , ditepatkan hingga garis tera , disimpan dalam lemari es untuk menghindari biodegradasi, jika perlu dibuat seminggu sekali.

Prodsedur percobaan

- a. Sampel diambil masing – masing 100 mL dan dimasukkan ke dalam corong pemisah 500 mL.
- b. Ditambahkan larutan biru methylene sebanyak 25 mL.
- c. Ditambahkan 50 mL kloroform , digojog kuat – kuat selama 30 detik , sekali kali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas.
- d. Didiamkan hingga terjadi pemisahan fase, corong pemisah digoyangkan perlahan – lahan.
- e. Ditambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam larutan ekstrak (kloroform gabungan) dan digojog kuat – kuat selama 30 detik.
- f. Didiamkan sampai terjadi pemisahan fase, digoyang perlahan – lahan , lapisan bawah (kloroform) dikeluarkan melalui serabut kaca, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL (jaga agar lapisan air tidak terbawa).
- g. Larutan ekstrak dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer , dibaca dan dicatat absorbansinya pada panjang gelombang 650 nm, pembacaan dilakukan tidak lebih dari 3 jam setelah ekstraksi.

3. Cara Perhitungan Nilai Fluks

Perhitungan nilai fluks untuk tiap variasi membran menggunakan rumus :

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

Dimana : J = nilai fluks ($L/m^2 \cdot jam$)

V = volume *permeate* (L)

A = luas permukaan membran (m^2)

t = waktu (jam)

Contoh perhitungan :

Nilai fluks membran pada perbandingan komposisi zeolit dan kitosan Perb. 1:1 tekanan 2 bar pada menit ke 10.

Volume *permeate* = 4,4 mL = 0,0044 L

Luas permukaan (A) = $0,25 \times 3,14 \times 2,9 \text{ cm} \times 2,9 \text{ cm}$
= $6,602 \text{ cm}^2 = 0,00066 \text{ m}^2$

Waktu (t) = 10 menit = 0,167 jam

Nilai Fluks (J) = $\frac{V}{A \times t}$
= $\frac{0,0044 \text{ L}}{0,00066 \text{ m}^2 \times 0,167 \text{ jam}}$
= 39,99 $L/m^2 \cdot jam$

4. Hasil Analisis TSS pada Semua Variasi Membran

Contoh perhitungan :

Konsentrasi TSS pada perbandingan komposisi zeolit dan kitosan Z2C1 tekanan 1,5 bar pada menit ke 60.

$$\text{Volume sampel (V)} = 25 \text{ mL} = 0,025 \text{ L}$$

$$\text{Berat kertas saring (b)} = 0,1295 \text{ g}$$

$$\text{Berat kertas saring + residu (a)} = 0,1309 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat residu (c)} &= a - b \\ &= 0,1309 \text{ g} - 0,1295 \text{ g} \\ &= 0,0014 \text{ g}\end{aligned}$$

Konsentrasi TSS :

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{C \times 1000}{V} \\ &= \frac{0,0014 \text{ g} \times 1000}{0,025 \text{ L}} \\ &= 56 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Hasil dan perhitungan konsentrasi TSS pada semua variasi dapat dilihat pada tabel berikut.

- a. Membran Variasi Perbandingan 1:1 (Z1C1) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1251	0,1273	0,0022	88
20	25	0,1244	0,1264	0,002	80
30	25	0,1265	0,1276	0,0011	44
40	25	0,1346	0,136	0,0014	56
50	25	0,1272	0,1302	0,003	120
60	25	0,1273	0,1304	0,0031	124

b. Membran Variasi Perbandingan 1:1 (Z1C1) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1342	0,1372	0,003	120
20	25	0,1357	0,1389	0,0032	128
30	25	0,1385	0,1421	0,0036	144
40	25	0,1369	0,1389	0,002	80
50	25	0,1349	0,1372	0,0023	92
60	25	0,129	0,1309	0,0019	76

c. Membran Variasi Perbandingan 2:1 (Z2C1) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1347	0,1364	0,0017	68
20	25	0,1325	0,1343	0,0018	72
30	25	0,1343	0,1363	0,002	80
40	25	0,1352	0,138	0,0028	112
50	25	0,1305	0,1326	0,0021	84
60	25	0,1295	0,1309	0,0014	56

d. Membran Variasi Perbandingan 2:1 (Z2C1) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1171	0,1189	0,0018	72
20	25	0,1309	0,1322	0,0013	52
30	25	0,1316	0,1355	0,0039	156
40	25	0,1293	0,1328	0,0035	140
50	25	0,1246	0,1278	0,0032	128
60	25	0,1211	0,1246	0,0035	140

e. Membran Variasi Perbandingan 1:2 (Z1C2) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1385	0,139	0,0005	20
20	25	0,1396	0,1414	0,0018	72
30	25	0,1411	0,1427	0,0016	64
40	25	0,1393	0,1409	0,0016	64
50	25	0,1306	0,1329	0,0023	92
60	25	0,1323	0,1351	0,0028	112

f. Membran Variasi Perbandingan 1:2 (Z1C2) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)
10	25	0,1436	0,1471	0,0035	140
20	25	0,1367	0,1398	0,0031	124
30	25	0,1391	0,1432	0,0041	164
40	25	0,1353	0,139	0,0037	148
50	25	0,1282	0,1309	0,0027	108
60	25	0,1308	0,1333	0,0025	100

5. Hasil Analisis Surfaktan pada Setiap Variasi Membran

Perhitungan konsentrasi surfaktan pada setiap permeat menggunakan rumus dari kalibrasi larutan standar sebagai berikut:

$$y = 0,212x - 0,0054$$

Dimana :

y = nilai absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer (A)

x = konsentrasi surfaktan yang terkandung dalam sampel (mg/L)

Contoh perhitungan :

Konsentrasi surfaktan pada perbandingan komposisi zeolit dan kitosan Z2C1 tekanan 1,5 bar pada menit ke 60.

Hasil absorbansi (A) : 0,014 A

Konsentrasi surfaktan :

$$y = 0,212x - 0,0054$$

$$0,014 = 0,212x - 0,0054$$

$$0,212x = 0,0194$$

$$X = 0,092 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi surfaktan pengenceran 50 kali :

$$[\text{Surfaktan}] \text{ mg/L} = 50X$$

$$= 50 \cdot 0,092$$

$$= 4,575 \text{ mg/L}$$

Hasil dan perhitungan konsentrasi surfaktan pada semua variasi dapat dilihat pada tabel berikut.

a. Membran Variasi Perbandingan 1:1 (Z1C1) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
10	0,171	0,832	41,604	77,68
20	0,129	0,634	31,698	82,99
30	0,091	0,455	22,736	87,80
40	0,078	0,393	19,670	89,45
50	0,065	0,332	16,604	91,09
60	0,062	0,318	15,896	91,47

b. Membran Variasi Perbandingan 1:1 (Z1C1) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
10	0,13	0,639	31,934	82,87
20	0,111	0,549	27,453	85,27
30	0,097	0,483	24,151	87,04
40	0,093	0,464	23,208	87,55
50	0,087	0,436	21,792	88,31
60	0,074	0,375	18,726	89,95

c. Membran Variasi Perbandingan 2:1 (Z2C1) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
10	0,053	0,275	13,774	92,61
20	0,038	0,205	10,236	94,51
30	0,037	0,200	10,000	94,64
40	0,026	0,148	7,406	96,03
50	0,015	0,096	4,811	97,42
60	0,014	0,092	4,575	97,55

d. Membran Variasi Perbandingan 2:1 (Z2C1) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
10	0,074	0,375	18,726	89,95
20	0,057	0,294	14,717	92,10
30	0,055	0,285	14,245	92,36
40	0,035	0,191	9,528	94,89
50	0,033	0,181	9,057	95,14
60	0,018	0,110	5,519	97,04

e. Membran Variasi Perbandingan 1:2 (Z1C2) Tekanan 1,5 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi <i>Removal</i> (%)
10	0,105	0,521	26,038	86,03
20	0,079	0,398	19,906	89,32
30	0,049	0,257	12,830	93,12
40	0,039	0,209	10,472	94,38
50	0,034	0,186	9,292	95,01
60	0,013	0,087	4,340	97,67

f. Membran Variasi Perbandingan 1:2 (Z1C2) Tekanan 2 Bar

Waktu Sampling (menit)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi x P (mg/L)	Efisiensi <i>Removal</i> (%)
10	0,119	0,587	29,340	84,26
20	0,063	0,323	16,132	91,35
30	0,06	0,308	15,425	91,73
40	0,054	0,280	14,009	92,48
50	0,045	0,238	11,887	93,62
60	0,034	0,186	9,292	95,01

6. Cara Perhitungan Efisiensi *Removal* (%)

Perhitungan efisiensi *removal* untuk tiap variasi membran menggunakan rumus :

$$R = (1 - \frac{C_p}{C_f}) \times 100\%$$

Dengan : R = Efisiensi *removal* (%)

C_p = konsentrasi zat terlarut dalam *permeate*

C_f = konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Contoh perhitungan :

- a. Efisiensi *removal* (R) TSS pada perbandingan komposisi zeolit dan kitosan Z2C1 tekanan 1,5 bar pada menit ke 60.

Konsentrasi *permeate* (C_p) = 56 mg/L

Konsentrasi umpan (C_f) = 560 mg/L

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \textit{removal} (R) &= (1 - \frac{C_p}{C_f}) \times 100\% \\ &= (1 - \frac{56}{560}) \times 100\% \\ &= 90 \% \end{aligned}$$

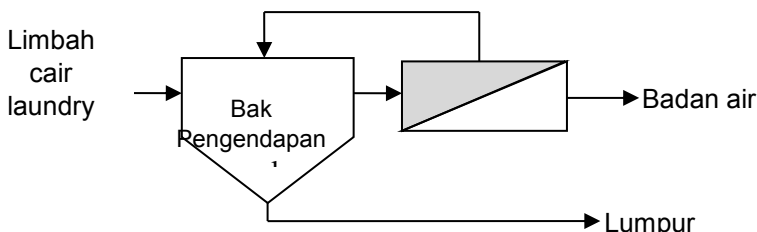
- b. Efisiensi *removal* (R) Surfaktan pada perbandingan komposisi zeolit dan kitosan Perb. 2:1 tekanan 1,5 bar pada menit ke 60.

Konsentrasi *permeate* (C_p) = 9,151 mg/L

Konsentrasi umpan (C_f) = 186,4 mg/L

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } \textit{removal} \text{ (R)} &= \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{9,151}{186,4}\right) \times 100\% \\ &= 95,09 \%\end{aligned}$$

7. Perhitungan Kebutuhan Bahan Membran



Usaha Laundry di Kelurahan Keputih

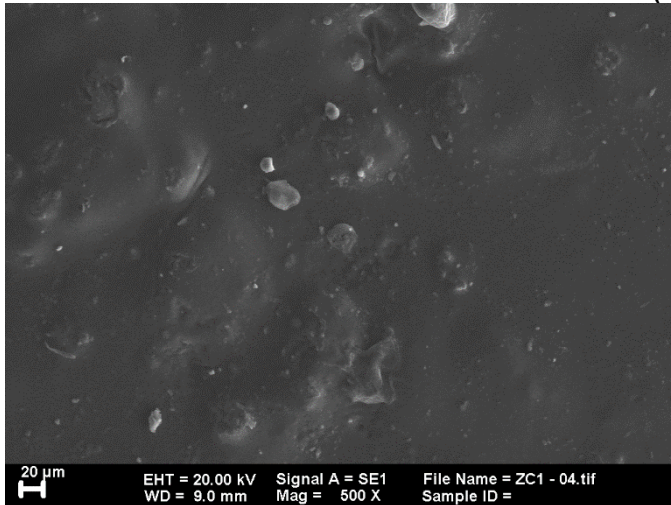
Jumlah usaha laundry	: 21 Usaha
Jumlah unit mesin cuci	: 3 unit/usaha
Kapasitas produksi per unit	: 16 liter/Kg x 8,5 kg x 6 kali
	: 816 liter/hari
	: 0,816 m ³ /hari
Jumlah limbah	: 0,816 m ³ /hari x 3 unit x 21
	: 51,408 m ³ /hari

Produksi membran

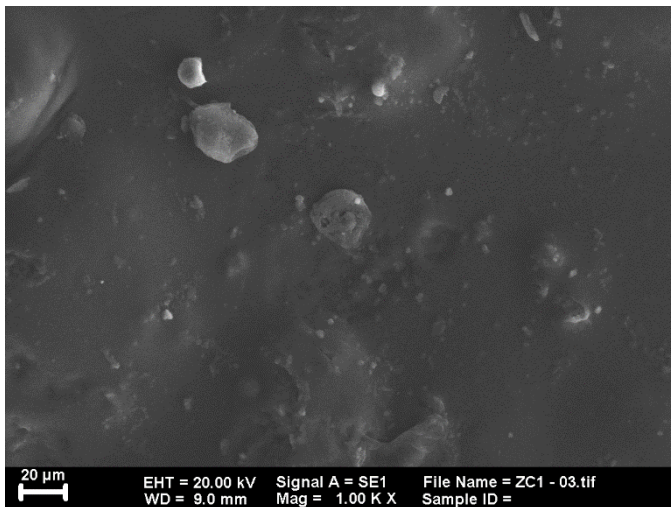
Estimasi debit limbah cair laundry	: 2,142 m ³ /jam
Fluks membran Z2C1	: 21,36 L/m ² .jam
Luasan membran yang dibutuhkan	: 1 m ²

Direncanakan reaktor *cross flow* yang dioperasikan sebanyak 2 buah dan 1 buah *standby*. Diameter membran direncanakan dalam satu reaktor terdiri dari 10 outlet dengan diameter 20 cm. Dalam pembuatan membran, 150 mL larutan (15 g campuran zeolit dan kitosan) dapat menghasilkan membran dengan ukuran luas 8x19,625 cm² (157 cm²) sehingga untuk membuat 20 membran dengan diameter 20 cm (luas 314 cm²) dibutuhkan larutan sebanyak 6 L. Dengan perbandingan zeolit dan kitosan 2:1 (Z2C1), maka total massa campuran zeolit dan kitosan dalam larutan dibutuhkan adalah 600 g. Jumlah serbuk zeolit yang dibutuhkan adalah 400 g dan jumlah serbuk kitosan yang dibutuhkan adalah 200 g.

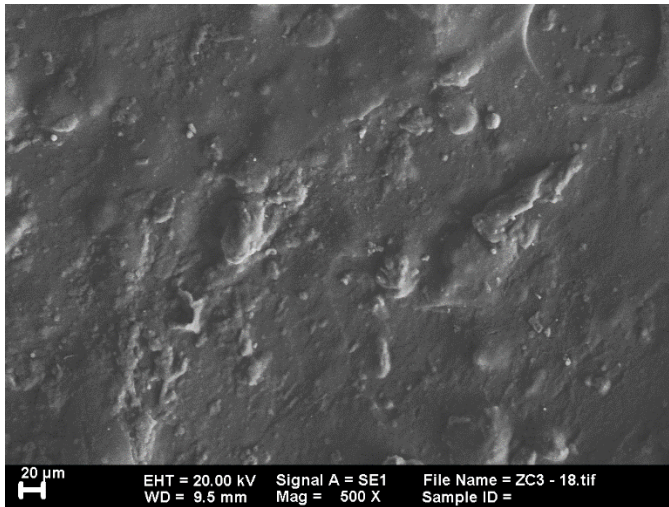
8. Hasil Analisis SEM EDX Membran Zeolit dan Kitosan (ZC)



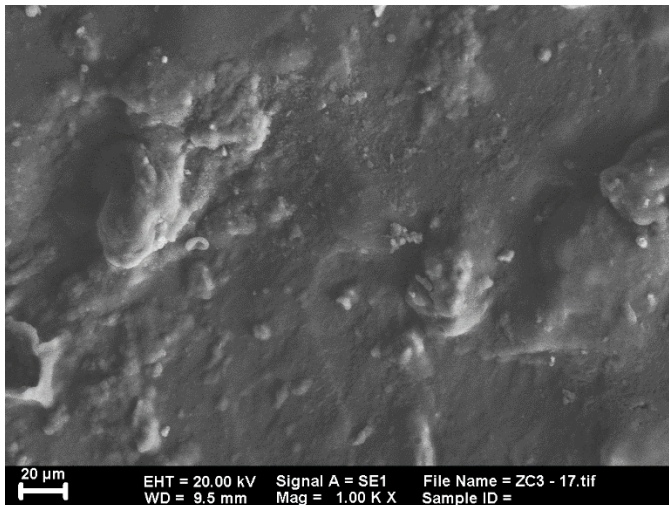
Gambar Membran Sebelum Aplikasi Pembesaran 500 Kali



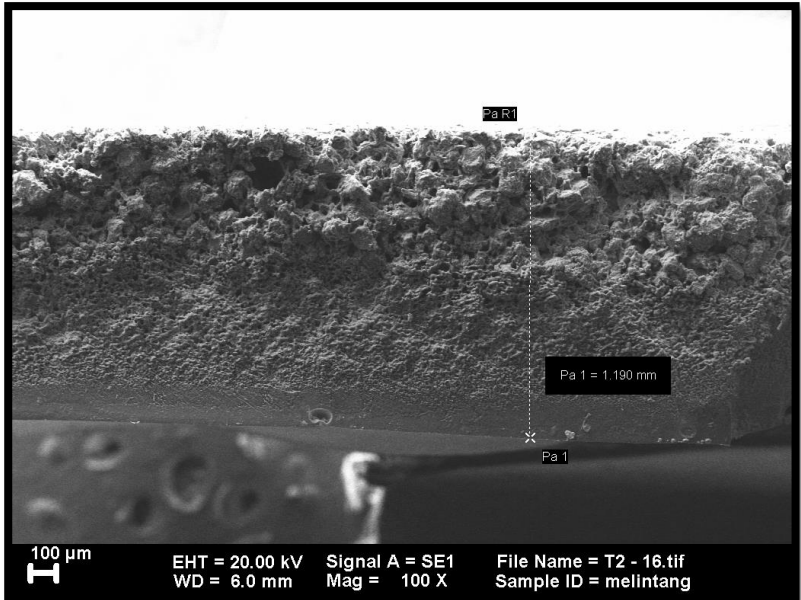
Gambar Membran Sebelum Aplikasi Pembesaran 1000 Kali



Gambar Membran Setelah Aplikasi Pembesaran 500 Kali

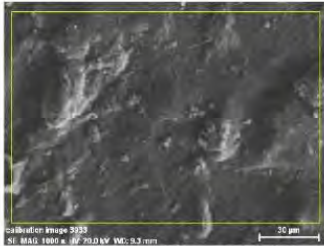


Gambar Membran Setelah Aplikasi Pembesaran 1000 Kali

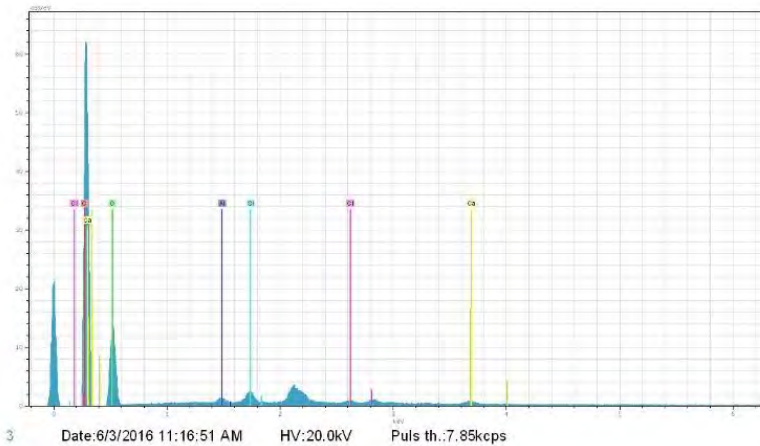


Gambar Penampang Membran Pembesaran 100 Kali

ZC 3



calibration image 3933 Date: 6/3/2016
11:16:24 AM Image size: 512 x
384 Mag: 1000x HV: 20.0 kV

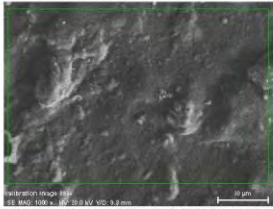


El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	47.42	47.42	54.90	14.9
O	8	K-series	51.17	51.17	44.47	16.0
Al	13	K-series	0.20	0.20	0.10	0.0
Si	14	K-series	0.55	0.55	0.27	0.1
Cl	17	K-series	0.40	0.40	0.16	0.0
Ca	20	K-series	0.26	0.26	0.09	0.0
Total:			100.00	100.00	100.00	

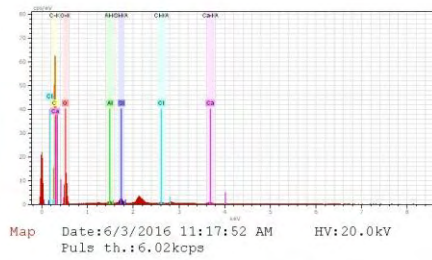
6/3/2016

4. Page

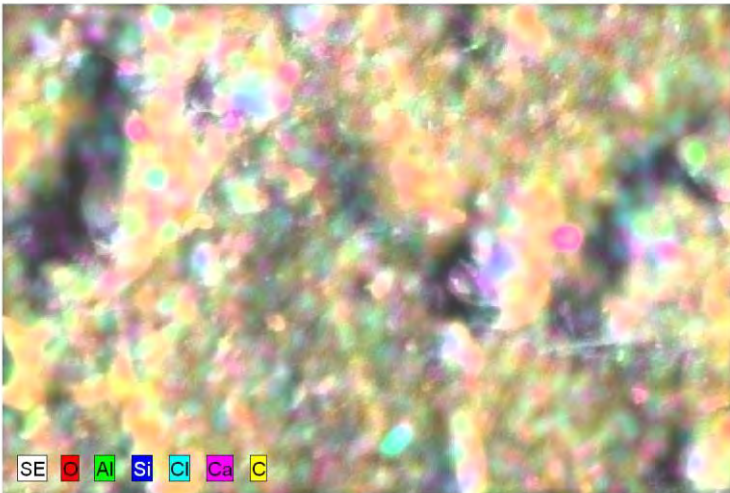
ZC 3



calibration image 3934 Date: 6/3/2016 11:16:24
AMImage size: 512 x 384
Mag: 1000x HV: 20.0kV

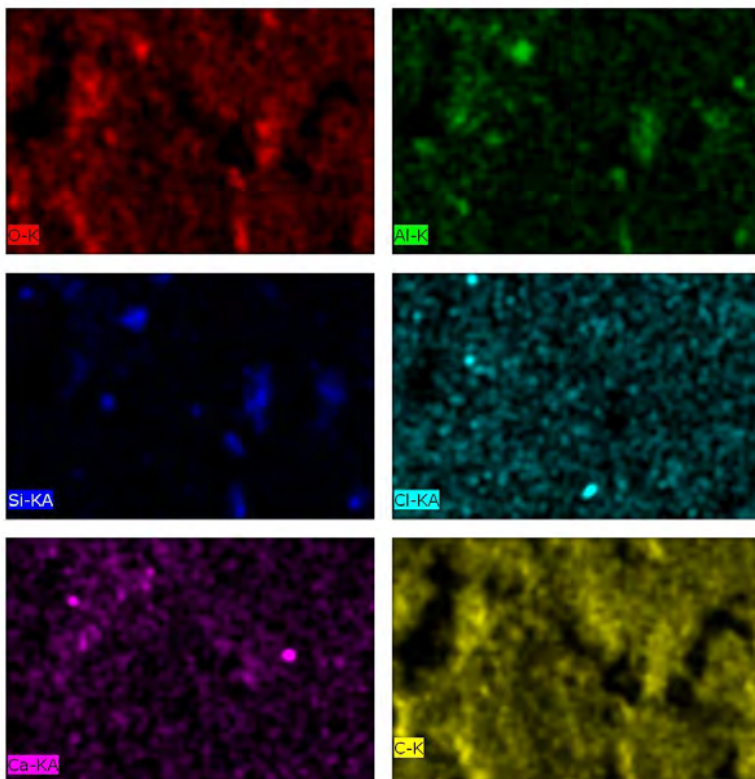


calibration image 21 3028 Date: 6/3/2016 11:17:53 AMImage size: 489 x 328
Mag: 1000x HV: 20.0kV



6/3/2016

5. Page



O-K, Al-K, Si-KA, Cl-KA, Ca-KA, C-KDate:6/3/2016 11:18:42 AM
 Image size:489 x 328
 Mag:1000x
 HV:20.0kV

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

- a. Perbandingan komposisi membran yang terbaik untuk pembuatan membran dari sintesis zeolit dan kitosan adalah perbandingan komposisi zeolit dan kitosan 2:1 (Z2C1) pada tekanan 2 bar yakni massa zeolit dan kitosan masing-masing sebanyak 10 g dan 5 g karena pada perbandingan massa ini diperoleh volume total 14,1 mL dengan rata-rata volume 2,35 mL dan nilai fluks total 128,15 L/m².jam dengan rata-rata nilai fluks 21,36 L/m².jam.
- b. Nilai fluks membran rata-rata pada tekanan 2 bar lebih tinggi daripada membran pada tekanan 1,5 bar. Nilai fluks tertinggi didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran 1:1 (Z1C1) dan tekanan 2 bar pada menit ke-10 yaitu sebesar 39,99 L/m².jam. Nilai fluks terendah didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran membran 1:1 (Z1C1) dan tekanan 2 bar pada menit ke-60 yaitu sebesar 5,45 L/m².jam.
- c. Nilai rejeksi TSS tertinggi didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran 2:1 (Z2C1) tekanan 2 bar pada menit ke-20 yaitu sebesar 90,71%. Sedangkan Nilai rejeksi TSS terendah didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran 1:2 (Z1C2) tekanan 2 bar pada menit ke-30 yaitu sebesar 70,71%.

Nilai rejeksi surfaktan tertinggi didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran 1:2 (Z1C2) tekanan 1,5 bar pada menit ke-60 yaitu sebesar 97,67%. Sedangkan nilai rejeksi surfaktan terendah didapatkan pada variasi perbandingan komposisi zeolit dan kitosan untuk pembuatan membran

1:1 (Z1C1) tekanan 1,5 bar pada menit ke-10 yaitu sebesar 77,68%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Penilaian membran terbaik tidak hanya dilihat dari nilai fluks yang dihasilkan melainkan juga dari nilai rejeksi atau efisiensi *removal*-nya.
2. Berdasarkan kadar TSS dan surfaktan hasil aplikasi filtrasi membran terdapat data yang masih di atas baku mutu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kombinasi *treatment* lain sebelum perlakuan filtrasi menggunakan membran (*pretreatment*).
3. Perlu dilakukan perluasan permukaan membran sehingga partikel atau ion yang tersaring lebih banyak dan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk analisis parameter yang lain sesuai baku mutu yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyani, Y.D., Nirmala, A. dan Aryanti, N. 2013. "Pemisahan Konjak Glukomanan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi". **Jurnal Teknologi Kimia dan Industri**, Vol. 2, No. 4, Hal. 164-169.
- Ahmad, J., dan El-Dessouky, H. 2008. "Design of a Modified Low Cost Treatment System for The Recycling and Reuse of Laundry Waste Water". **Resources, Conservation and Recycling**, 52, 973–978.
- Ahsan, S. 2005. "Effect of Temperature on Wastewater Trebarent with Natural and Waste Materials". **Clean Technology Environment Policy**. 7: 198-202.
- APHA, AWWA dan WPCF. 2005. **Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater**, 21st.Ed. Washington, DC.
- Astuti, S.W., dan Sinaga, M.S. 2015. "Pengolahan Limbah Laundry menggunakan Metode Biosand Filter untuk Mendegradasi Fosfat". **Jurnal Teknik Kimia USU**, Vol. 4, No. 2.
- Aufiyah, & Damayanti, A. 2013. "Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kekruhan dan Fosfat". **Jurnal Teknik POMITS** Vol. 2, No. 1 ISSN: 2337-3539, 2301-9271 Print.
- Baker, W.R. 2000. **Membrane Technology and Applications**, 2nd Edition. California: Jon Willey and Sons.
- Chang, I. 2002. "Membrane Fouling in Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment". **Journal of Environmental Engineering**. Vol. 128: 1.
- Ciabatti, I., F. Cesaro, L. Faralli, E. Fatarella dan F. Tognotti. 2009. "Demonstration Of A Treatment System For

- Purification And Reuse Of Laundry Wastewater”, **Jur. of Desalination**, 204, 78-86.
- Cui, J., Z. Zhang, H. Liu dan K.L Yeung. 2008. “Preparation and Application of Zeolit/Ceramic Microfiltration Membranes for Trebarent of Oil Contaminated Water”. **Journal of Membrane Science**, 281, 592-599.
- Dash, M., F. Chiellini, R.M. Ottenbrite dan E. Chiellini. 2011. “Chitosan—A Versatile Semisynthetic Polymer In Biomedical Applications”. **J. Polym. Sci**, (36): 981–1014.
- Ertan, A. Dan Ozkan. 2005. “CO₂ and N₂ Adsorption on The Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄ and H₃PO₄) Trated Zeolites”. **Adsorption**, Vol. 11, 151-156.
- Espendiller, C., Nghiem, L.D., dan Coleman, P.J. 2010. “Mechanisms Underlying The Effects Of Membrane Fouling On The Nanofiltration Of Trace Organic Contaminants”. **Desalination**, 250, 682-687.
- Fadillah, F. 2003. **Pengaruh Penambahan PEG Terhadap Karakterisasi Membran Selulosa Asetat**. Skripsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Fathoni, H.S. 2014. **Pengertian Pressure Gauge, Pressure Switch & Pressure Regulator** dalam <http://stay-learning.blogspot.co.id/2014/05/pengertian-pressure-gauge-pressure.html> . 14 Mei 2014. Diakses 15 Februari 2015.
- Gustian, I. 2006. “Karakterisasi Kinerja dari Beberapa Membran Datar”. **Jurnal Gradien**, Vol. 2 No. 2 Juli 2006 : 187-191.
- Hassan, C.M. dan N.A. Peppas. 2000. “Structure And Application Of Poly (Vinyl Alcohol) Hidrogel Produced By Conventional Crosslinking Or By Freezing/Thawing Methods”. **Adven Polym Sci** (4) : 37-38.

- Kirk, R.E. dan D.F. Othmer. 1998. **Encyclopedia of Chemical Engineering Technology**, Fourth Edition, Volume 23, New York : The Interscience Publisher Division of John Wiley and Sons Inc.
- Kusumo, A. H. 2011. **Penurunan Konsentrasi Kekeruhan dalam Limbah Cair Laundry dengan Adsorpsi Menggunakan Arang Batok Kelapa (Coconut Shells) Komersil**. Surabaya : Teknik Lingkungan ITS.
- Lestari, D.Y. 2010. "Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara". **Jurdik Kimia UNY**, 30 Oktober 2010.
- Maharani, R. M., & Damayanti, A. 2013. "Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Fosfat dan Amonium". **Jurnal SAINS dan SENI POMITS**, Vol. 2, No. 1, (2013) 2337-3520 (2301-928X Print).
- Mallack, H. M. and Anderson, G. K. 1997. "Cross Flow Microfiltration with Dynamic Membranes". **Journal Water Research**, Vol. 31, Elsevier Science Ltd.
- Milicic, V. 1996. "Antifouling Techniques in Crossflow Microfiltration". **Journal of Membran Science**. Elsevier, Amsterdam.
- Metcalf dan Eddy. 2003. **Wastewater Engineering Trebarent and Reuse, 4th Edition**. Singapore: Mc Graw Hill.
- Mohammadi, T. dan E.Saljoughi. 2009. "Effect Of Production Conditions On Morphology And Permeability Of Asymmetric Cellulose Acetate Membrane". **Journal of Membrane Science**, (243):1-7.
- Mulder, M. 1996. **Basic and Principles of Membrane Technology**. London: Kluwer.
- Muliawati, E. C. 2012. **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi untuk Pengolahan Air**. Semarang: Magister Teknik Kimia UNDIP.

- Nasir, S., Teguh, B.S.A, dan Silviaty, I. 2013. “Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry”. **Jurnal Bumi Lestari**, Volume 13 No. 1, Februari 2013, 45-51.
- Nisa, K. 2005. **Karakteristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Poli (Vinil Alkohol) dengan Variasi Poli (Etilena Glikol) sebagai Porogen**. Bogor : Kimia IPB.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. **Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya**. No. 72 tahun 2013. Surabaya.
- Pusparini, W.R dan Isyuniarto. 2010. **Teknologi Pemisahan Zr-Hf Menggunakan Metode Kompleksasi-Membran Nanofiltrasi**. Yogyakarta : Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN.
- Rahmawati, A.A. dan R. Azizah. 2005. “Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk”. **Jurnal Kesehatan Lingkungan**, 2(1): 97-110.
- Ronaldo, R. 2008. **Zeolit alam dan sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor**. Bogor : IPB
- Samsiah, R. 2009. **Karakterisasi Biokomposit Apatit-Kitosan dengan XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transform Infrared), SEM (Scanning Electron Microscop), dan Uji Mekanik**. Skripsi, Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Petanian Bogor.
- Sari, T.K dan Damayanti, A. 2014. **Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Aliran Cross Flow untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat**. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Sari, T.K dan Damayanti, A. 2015. **Filtrasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Membran Zeolit-Silika untuk Menurunkan BOD, COD dan TSS**. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sofia, I., Pirman dan Haris, Z. 2010. "Karakterisasi Fisiokimia dan Fungsional Kitosan yang Diperoleh dari Limbah Cangkang Udang Windu". **Jurnal Teknik Kimia Indonesia**, Vol. 9 No. 1, 11-18.
- Sopiah, R., Nida dan Chaerunisah. 2006. "Laju Degradasi Surfaktan Linier Alkil Benzena Sulfonat (LAS) Pada Limbah Deterjen Secara Anaerob Pada Reaktor Lekat Diam Bermedia Sarang Tawon". **Jurnal Teknik Lingkungan P3TTL-BPPT**, No. 3, Vol. 3, September 2006, Hal. 243-250.
- Stefhany, Ananda, C., Sutisna, M., dan Pharmawati, K. 2013. "Fitoremediasi Fosfat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (laundry)". **Jurnal Institut Teknologi Nasional**, No. 1, Vol. 1.
- Su, Y.L., W. Cheng, C. Li dan J. Zhongyi. 2009. "Preparation of Antifouling Ultrafiltration Membrans With Poly(Ethylene Glycol)-Graft-Polyacrylonitrile Copolymers". **Journal of Membran Science**, 329(2): 246-252.
- Susanto, H., Susanto, A.A., dan Widiassa, I.N. 2012. "Karakteristik Interaksi Membran-Foulant dan Foulant-Foulant sebagai Dasar Pengendalian Fouling". **Jurnal Reaktor**, Vol. 14, April 2012, Hal. 17-24.
- Turk, S.S. 2004. "Laundry Wastewater Trebarent Using Coagulation and Membrane Filtration". **Resources, Conservation & Recycling**, 44, 185-196.
- Wahyuni, S., dan Damayanti A. 2015. **Studi Pembuatan dan Penggunaan Membran Chitosan sebagai Membran Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah POME (Palm**

- Oil Mill Effluent**). Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wang, H., Y. Fang dan Y. Yan. 2004. "Surface Modification Of Chitosan Membrans By Alkane Vapor Plasma". **Muter Chem** (11): 911-918.
- Wenten, I.G. 1995. **Teknologi Membran Industrial**. Bandung: ITB.
- Yuanita, D. 2009. "Hidogenasi Katalitik Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam". **Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY**.
- Yunarsih, N.M. 2013. **Efektifitas Membran Khitosan dari Kulit Udang Galah untuk Menurunkan Fosfat dalam Air Limbah Laundry**. Denpasar : Universitas Udayana.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan putra kelahiran Kudus yang lahir pada tanggal 3 September 1994. Anak ketiga dari empat bersaudara ini mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2000-2006 di MI NU Hidayatul Mubtadiin Undaan Kudus. Kemudian melanjutkan di MTs Nahdlatul Muslimin Undaan Kudus pada tahun 2006-2009 dan pendidikan tingkat atas di MA Nahdlatul Muslimin Undaan Kudus tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik

Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada tahun 2012 melalui Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) Kementerian Agama RI dan terdaftar dengan NRP. 3312 100 701.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai staf dan panitia kegiatan di HMTL, LDJ Al Kaun dan menjadi Ketua Umum CSSMoRA ITS. Selain itu penulis juga aktif sebagai asisten praktikum mata kuliah Remediasi Badan Air dan Pesisir (RBAP). Prestasi yang pernah diraih adalah Juara 3 LKTIN Teknik Sipil UGM, Juara 1 LCC Islam Se-Surabaya FOSIF ITS dan PKMP Eksakta Didanai DIKTI. Berbagai pelatihan dan seminar nasional di bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email di fc.rohman@gmail.com atau rohman12@mhs.enviro.its.ac.id.